

Изобретение относится к кинематическим схемам и конструкции роторных двигателей внутреннего сгорания (далее - РДВС) с жидкостным запорным (или, что то же самое, уплотнительным) кольцом. Такие РДВС предназначены:

для оснащения различных, преимущественно малогабаритных, средств транспорта, например:

- микро- и миниавтомобилей для поездок нескольких пассажиров и перевозок малых (до 1т) грузов в городских условиях (в частности, минитакси и минигрузовиков),

- малогабаритных судов (лодок и шлюпок),
- сверхлегких летательных аппаратов (например, моторных дельтапланов для перевозки одиночных пассажиров и малогабаритных срочных грузов на короткие расстояния);

для оснащения минитракторов или самоходных сельскохозяйственных орудий, предназначенных преимущественно для семейных фермерских хозяйств и приусадебных участков и

в составе компактных комплексов "ДВС - электрогенератор".

По имеющимся данным ныне известны два основных РДВС с жидкостным запорным кольцом, соответственно предложенные Максимовым М.В. и Драчко Е.Ф.

Первый из них (Авт. св. СССР №69506) имеет полый в средней части корпус, оборудованный подшипниковыми узлами, один из которых размещен по оси симметрии корпуса, а второй - эксцентрично относительно этой оси, причем геометрические оси обоих подшипниковых узлов параллельны, и улиткой для выпуска отработавших газов в атмосферу. Внутри корпуса на первом, установленном в осесимметричном подшипниковом узле, валу консольно закреплен барабан с кольцевой полостью для размещения жидкостного запорного кольца. Внутри барабана эксцентрично размещен полый ротор, имеющий радиальные кольцевые выступы на торцах, радиальные же выступы в виде лопаток между указанными торцевыми гребнями и перфорированные межлопаточные промежутки. Этот ротор консольно закреплен на втором валу, установленном во втором из указанных подшипниковых узлов. Внутри ротора по скользящей посадке установлен неподвижный золотник с углублением, которое служит камерой сгорания и сообщается с трактами подачи воздуха и топлива и оборудовано форсункой и электрозапалом. Пространство между стенкой барабана и лопатками ротора сообщается с источником уплотнительно-компрессионной жидкости. Ее рабочий объем (и толщина жидкостного запорного кольца) достаточны для частичного перекрытия указанных лопаток в большей части зазора между ротором и стенкой барабана.

Кольцо из уплотнительно-компрессионной жидкости является идеальным неизнашиваемым уплотнением.

Однако задача повышения надежности РДВС при этом решается лишь частично, ибо в стык между вращающимся ротором и неподвижным золотником из камеры сгорания в не прикрытые жидкостным кольцом боковые части полости барабана могут просачиваться продукты сгорания

с высоким давлением и температурой. Это просачивание будет тем интенсивнее, чем более изношены ротор и золотник. Соответственно, КПД РДВС будет падать, а удельный эффективный расход топлива - возрастать.

Кроме того, термодинамический цикл указанного РДВС весьма несовершенен, ибо нагрев рабочего тела в нем происходит подобно нагреву в газотурбинных двигателях, а выхлоп - при значительном избыточном давлении из-за сжатия и расширения газа в одной и той же полости, как у поршневых ДВС. Эти обстоятельства обуславливают его низкую экономичность.

И, наконец, внешняя скоростная характеристика описанного РДВС весьма неблагоприятна, ибо крутящий момент на выходном валу непосредственно связан с "жесткостью" жидкостного кольца, которая зависит от величины центробежного ускорения и связана с частотой вращения выходного вала квадратичной зависимостью. Практически это означает, что двигатель не сможет устойчиво работать даже с линейной нагрузкой и будет или разгоняться, или глохнуть.

Второй, наиболее близкий к предлагаемому по, технической сущности РДВС (см. Международную публикацию WO 96/17161), имеет:

полый корпус;

коленчатый вал (далее в тексте, за исключением формулы изобретения, сокращенно - коленвал), шипы которого установлены с возможностью вращения в корпусе;

барабан с кольцевой полостью для размещения запорного жидкостного кольца, сообщающейся с источником уплотнительно-компрессионной жидкости, осесимметрично установленный на шипах коленвала внутри корпуса и снабженный двумя зубчатыми венцами;

полый открытый по периферии ротор с радиально ориентированными торцевыми выступами (бортами) и перегородками (лопатками) в промежутке между указанными бортами, эксцентрично установленный на колене коленвала в полости барабана и снабженный зубчатым венцом для непосредственной кинематической связи с одним из зубчатых венцов барабана;

системы питания топливом, зажигания, продувки, охлаждения и смазки.

Коленвал и ротор (через барабан) подключены к общей системе отбора мощности на основе дифференциального механизма.

В торцевых стенках барабана выполнены окна. Первое из них сообщает с атмосферой кольцеобразный зазор между стенкой ротора и коленом коленвала, являющийся частью воздушного тракта системы продувки и охлаждения. Второе окно снабжено кольцевой перегородкой, которая отделяет воздушный тракт системы продувки и охлаждения с одной стороны от тракта подачи топливной смеси (или воздуха на ее приготовление), а с другой стороны - от тракта подачи жидкости для формирования жидкостного запорного кольца.

Ротор с торца, обращенного к первому окну, имеет радиальный борт в виде сплошного кольцевого гребня постоянного диаметра, а с противоположного торца имеет борт в виде, по меньшей мере, двух дискретных гребней переменной высоты, и секционирован по длине промежуточным кольцевым радиальным гребнем

постоянного диаметра на относительно короткую сообщаемую с системой питания компрессорную зону и более протяженную сообщаемую с выхлопным трактом расширительную зону. При этом, по меньшей мере, по две указанные перегородки (лопатки) размещены в каждой из указанных (компрессорной и расширительной) зон, а в теле ротора выполнены, по меньшей мере, два перепускных канала, соединяющие эти зоны и служащие камерами сгорания, которые периодически сообщаются с системами продувки, охлаждения и питания топливом и с трактом выхлопа отработавших газов и подключены к системе зажигания.

В перепускных каналах (камерах сгорания) могут быть установлены клапаны, предназначенные для перекрытия потока сжимаемого топлива (при внешнем) или сжимаемого воздуха (при внутреннем смесеобразовании), для пропуска в них сжатой топливной смеси или сжатого воздуха под давлением жидкостного запорного кольца и для отсечки их объема от компрессорной зоны в процессе сгорания топливной смеси и вытеснения продуктов сгорания в расширительную зону.

Выполнение камер сгорания в виде перепускных каналов в теле ротора, как это описано выше, обеспечило фрикционное взаимодействие вращающегося ротора только с жидкостью в запорном кольце и с потоками газов. При этом газодинамический тракт в пределах ротора оказался надежно изолирован от атмосферы постоянно погруженными в жидкостное запорное кольцо торцевыми радиальными гребнями. Тем самым удалось существенно снизить потери энергии и повысить надежность РДВС. Далее, разделение процессов сжатия топливной смеси (при внешнем смесеобразовании) или воздуха (при внутреннем смесеобразовании), сгорания топливной смеси и расширения продуктов сгорания позволило заметно повысить эффективность термодинамического цикла РДВС. Действительно, поскольку сгорание происходит практически в закрытом объеме, а объем расширительной зоны существенно превышает объем компрессорной зоны, постольку в сравнении с поршневыми и роторно-поршневыми ДВС в известном РДВС теплота продуктов сгорания более полно преобразуется в механическую энергию, а давление и температура отработавших газов на выхлопе оказываются более низкими, что способствует повышению КПД. И, наконец, отбор мощности через общий дифференциальный механизм одновременно от барабана и коленвала стабилизировал "жесткость" жидкостного запорного кольца и устойчивость работы РДВС в широком диапазоне колебаний нагрузки.

Однако разделение рабочего объема на последовательно расположенные вдоль ротора компрессорную и расширительную зоны отрицательно повлияло на габариты и массу РДВС и, соответственно, на его удельную мощность. По той же причине профиль рабочих температур вдоль геометрической оси ротора и жидкостного запорного кольца внутри барабана был весьма "негладким" из-за существенно более высокой температуры в расширительной зоне в сравнении с компрессорной зоной.

Соответственно наблюдались нежелательные термические деформации деталей, локальный перегрев жидкостного запорного кольца и снижалась эксплуатационная надежность. Далее, наличие перепускных каналов между указанными зонами (особенно при использовании в них клапанов) приводило к неизбежным потерям энергии из-за дросселирования топливной смеси в каждом интервале времени между тактами сжатия и расширения.

Поэтому в основу изобретения положена задача путем усовершенствования формы ротора (и, особенно, размещения в нем камер сгорания) и структуры газодинамического тракта создать такой РДВС с жидкостным запорным кольцом, который обладал бы повышенными удельной мощностью и эксплуатационной надежностью.

Поставленная задача решается тем, что в роторном двигателе внутреннего сгорания с жидкостным запорным кольцом, имеющем полый в средней части корпус и установленные в нем: коленвал, у которого, по меньшей мере, шипы выполнены полыми; осесимметричный корпус и установленный с возможностью вращения на шипах коленвала полый барабан с кольцевой полостью для размещения жидкостного запорного кольца, сообщающейся с источником уплотнительно-компрессионной жидкости; полый открытый по периферии ротор, ограниченный с торцов радиально ориентированными бортами, между которыми расположены перегородки, эксцентрично установленный с возможностью вращения на колене коленвала в полости барабана и имеющий, по меньшей мере, две расположенные на равных угловых расстояниях отделенные одна от другой камеры сгорания, периодически сообщаемые с системами продувки, охлаждения и питания топливом и с трактом выхлопа отработавших газов и подключенные к системе зажигания; и механизм отбора мощности, кинематически подключенный к колен валу и ротору, согласно изобретению, камеры сгорания выполнены в виде отсеков полости ротора, которые ограничены телом ротора, его торцевыми бортами и указанными перегородками между бортами.

В предложенном РДВС устранено разделение рабочего объема на последовательно расположенные вдоль ротора компрессорную и расширительную зоны, ибо камеры сгорания простираются вдоль ротора практически по всей его длине. Это позволяет: сократить осевой габарит (и массу) РДВС и, соответственно, повысить его удельную мощность; выровнять профиль рабочих температур вдоль геометрической оси ротора и существенно уменьшить неравномерные термические деформации деталей и локальные перегревы жидкостного запорного кольца и, соответственно, повысить эксплуатационную надежность и практически исключить потери на дросселирование в пределах полости ротора между тактами сжатия и расширения.

Первое дополнительное отличие состоит в том, что в теле ротора в направлении от его геометрической оси к периферии выполнены перепускные каналы, сообщаемые с системой продувки через один из полых шипов коленвала, а внутри каждой из камер сгорания установлена, по меньшей мере, одна дополнительная перегородка,

которая примыкает к вышеуказанной, расположенной между бортами ротора (основной) перегородке и имеет меньшую высоту, причем обе перегородки служат продолжением стенок соответствующего перепускного канала.

Второе, дополнительное к первому, отличие состоит в том, что внутри каждой из камер сгорания с зазором относительно тела ротора установлен, по меньшей мере, один дефлектор, направляющий поток продувочного воздуха и препятствующий прямому выходу части свежего заряда в выхлопной тракт при продувке камер сгорания.

Третье дополнительное отличие состоит в том, что в теле ротора со стороны, удаленной от выхлопного тракта, выполнены выемки, объем каждой из которых является частью объема соответствующей камеры сгорания. Такие выемки, обычно предназначенные для размещения свечей зажигания, способствуют формированию свежих зарядов топливной смеси с разным (возрастающим вдоль ротора по направлению к выхлопному тракту) коэффициентом избытка окислителя и, соответственно, послойному сгоранию топлива.

Четвертое, дополнительное отличие состоит в том, что в теле ротора имеются сквозные расположенные на равных угловых расстояниях продольные каналы, сообщающиеся с системой продувки и с выхлопным трактом и поэтому способствующие снижению тепловой нагрузки на подшипники ротора.

Пятое, дополнительное к четвертому отличие состоит в том, что продольные каналы дополнительно сообщаются с камерами сгорания. Это дополнительно способствует вышеуказанному формированию свежих зарядов топливной смеси с разным коэффициентом избытка окислителя и, соответственно, послойному сгоранию топлива.

Шестое дополнительное отличие состоит в том, что РДВС имеет совмещенную систему продувки камер сгорания от отработавших газов и охлаждения, в которой: входами служат окна в одной из торцевых стенок корпуса и сообщающийся с атмосферой полый шип коленчатого вала; побудителем движения воздуха, расходуемого на продувку, приготовление свежих зарядов топливной смеси и охлаждение, служит, по меньшей мере, одна вентиляторная крыльчатка, закрепленная, по меньшей мере, на одной из торцевых стенок полого барабана; тракт продувки разветвлен и включает в первой части - полость указанного шипа коленчатого вала, внутреннюю полость ротора и перепускные каналы, сообщающие эту полость ротора с камерами сгорания, и во второй части - перепускные окна в торцевой стенке полого барабана, расположенной со стороны снабженной входными окнами торцевой стенки корпуса, проходы, ограниченные уступами в борте ротора, расположенном со стороны указанных торцевых стенок корпуса и полого барабана, и камеры сгорания; а общим выходом служит выхлопной, тракт. Такая форма выполнения систем продувки и охлаждения в РДВС обеспечивает заметное выравнивание тепловой нагрузки на все связанные с коленвалом подшипники, способствует эффективному охлаждению бортов ротора и перегородок,

ограничивающих камеры сгорания, перед формированием в них свежих зарядов топливной смеси и позволяет значительно снизить температуру отработавших газов в выхлопном тракте.

Седьмое, дополнительное к шестому отличие состоит в том, что вентиляторная крыльчатка закреплена на торцевой стенке полого барабана, расположенной со стороны снабженной входными окнами торцевой стенки корпуса, указанные перепускные окна выполнены в указанной торцевой стенке полого барабана в промежутках между лопастями крыльчатки, а полый шип коленчатого вала сообщается с атмосферой через пространство между указанными стенками корпуса и полого барабана, дополнительное окно в указанной торцевой стенке корпуса и обводной воздушный патрубок.

Восьмое, дополнительное к шестому отличие состоит в том, что вентиляторная крыльчатка закреплена на торцевой стенке полого барабана со стороны выхлопного тракта.

Использование одной вентиляторной крыльчатки независимо от места ее установки предпочтительно для маломощных РДВС.

Девятое, дополнительное к шестому отличие состоит в том, что роторный двигатель снабжен двумя закрепленными на торцевых стенках полого барабана вентиляторными крыльчатками, первая из которых расположена со стороны снабженной входными окнами торцевой стенки корпуса, а вторая - со стороны выхлопного тракта. Это целесообразно в мощных РДВС согласно изобретению.

Десятое дополнительное отличие состоит в том, что система питания топливом снабжена сообщающимся с топливным баком полым центральным топливопроводом, который размещен в сообщающемся с атмосферой полом шипе коленчатого вала и который имеет на выходном конце, по меньшей мере, одно выходное отверстие, открытое во внутреннюю полость ротора. Такая система питания, обеспечивающая внешнее (по отношению к камерам сгорания) смесеобразование при приготовлении свежих зарядов топливной смеси, предпочтительна для маломощных РДВС.

Одиннадцатое, дополнительное к десятому отличие состоит в том, что со стороны указанного выходного отверстия внутри шипа коленчатого вала закреплен отбойник струи топлива. Поток воздуха вначале размазывает попадающее на такой отбойник топливо в пленку и затем дробит его на тончайшие капли, что повышает эффективность внешнего смесеобразования.

Двенадцатое, дополнительное к десятому отличие состоит в том, что указанный центральный топливопровод снабжен, по меньшей мере, одним радиальным ответвлением с выходным отверстием, которое открыто в тракт подачи воздуха со стороны борта ротора. В этом случае свежие заряды топливной смеси образуются практически внутри камер сгорания при их перекрытии жидкостным запорным кольцом при вращении ротора.

Специалисту понятно, что применительно к мощным РДВС согласно изобретению возможно сочетание обоих указанных путей подачи топлива в набегающие воздушные потоки.

Тринадцатое отличие состоит в том, что системы питания и зажигания частично

сблокированы, причем в такой блок включены:

а) жестко закрепленные относительно корпуса двигателя и соосно расположенные в полости шипа коленчатого вала:

центральный топливopовoд, который выполнен из электропроводного материала, подключен внешним входным концом через диэлектрическую вставку к топливному баку, а внутренним выходным концом - к, по меньшей мере, одному тракту подачи топлива в камеры сгорания и дополнительно присоединен к высоковольтному проводу от индукционной катушки,

также полый, выполненный из диэлектрического материала, входной световoд, который охватывает топливopовoд, служа для него электроизолятором, и внешним торцом обращен к источнику света, и

сплошной выходной центральный световoд, подключенный выходным концом к блоку управления индукционной катушкой;

б) жестко закрепленные относительно того же шипа коленчатого вала:

гидрораспределитель для автоматического регулирования подачи топлива на формирование свежих зарядов топливной смеси в зависимости от режима работы, корпус которого соосно расположен в полости того же шипа коленчатого вала и со стороны ввода в него центрального топливopовoда снабжен электроизолированной опорой скольжения с уплотнением,

промежуточные входной и выходной световoды в виде изогнутых отрезков оптоволоконных светопроводов, закрепленных в корпусе гидрораспределителя так, что:

- входной торец промежуточного входного световoда выступает из корпуса гидрораспределителя и расположен напротив торца полого входного световoда,

- выходной торец промежуточного выходного световoда внутри корпуса гидрораспределителя расположен на одной геометрической оси со сплошным выходным центральным световoдом, который вместе с топливopовoдом введен в этот корпус, и

- выходной торец промежуточного входного световoда и входной торец промежуточного выходного световoда совместно выведены в окно в стенке того же шипа коленчатого вала;

закрепленный на боковой стенке корпуса гидрораспределителя электроизолированный радиальный токопровод с размещенным в этом же корпусе и опирающимся на поверхность центрального топливopовoда скользящим контактором для питания закрепленных в роторе свечей зажигания, число которых кратно числу камер сгорания,

первый и второй промежуточные топливopовoды, радиально отходящие от корпуса гидрораспределителя,

радиально ориентированный топливopовoд для подачи топлива в воздушный тракт со стороны одного из бортов ротора и отбойник струи топлива;

в) закрепленные относительно ротора:

расположенные под каждой камерой сгорания блоки форсунок, каждый из которых включает:

- первую форсунку, которая подключена к первому промежуточному топливopовoду и имеет накопительную полость, перекрываемую с

выходного торца подпружиненным золотником, и

- вторую форсунку, подключенную ко второму промежуточному топливopовoду через гидравлический насос, и

отражатели, число которых равно числу камер сгорания и которые служат для замыкания оптической цепи через указанные выше выходной торец промежуточного входного световoда и входной торец промежуточного выходного световoда.

Такое совмещение систем питания и зажигания уменьшает радиальные габаритные размеры РДВС, а придание отдельным деталям нескольких функций снижает его материалоемкость.

Четырнадцатое, дополнительное к тринадцатому отличие состоит в том, что корпус гидрораспределителя снабжен выпускным патрубком, выходное отверстие которого расположено над отбойником струи топлива; поплавковой камерой, полость которой сообщается с полостью выпускного патрубка и в которой размещен поплавок со штоком-золотником для запираания входа в первый промежуточный топливopовoд; и четырьмя порогами последовательно возрастающей высоты, а именно: минимальным порогом для подачи топлива через первый промежуточный топливopовoд в первую форсунку, первым промежуточным порогом для подачи топлива через выходное отверстие в выпускном патрубке, вторым промежуточным порогом для подачи топлива через второй промежуточный топливopовoд в накопительную полость гидравлического насоса и максимальным порогом для подачи топлива через радиальный топливopовoд.

Этот частный вариант выполнения гидрораспределителя обеспечивает весьма простую и надежную автоматическую подстройку РДВС к изменению режимов работы (с холостого хода на отбор мощности и обратно) и к нерегулярным колебаниям внешней нагрузки, что характерно, например для автомобилей.

Пятнадцатое, дополнительное к тринадцатому отличие состоит в том, что первый и второй промежуточные топливopовoды подключены соответственно на вход первой форсунки и гидравлического насоса второй форсунки через кольцевую полость в теле ротора, разделенную перегородкой на несообщающиеся между собой части. Этим достигается наиболее простое подключение гидрораспределителя к блокам форсунок и, одновременно, безопасность системы питания, поскольку незначительная часть топлива, которая может протекать через уплотнения, будет попадать в камеры сгорания вместе с его основной частью, подаваемой через выходное отверстие над отбойником.

Шестнадцатое, дополнительное к тринадцатому отличие состоит в том, что каждый гидравлический насос, подключенный к гидрораспределителю, имеет произвольные по форме поперечных сечений накопительный и нагнетательный патрубки, полости которых сообщаются со стороны, обращенной к цилиндрической обечайке барабана, причем накопительный патрубок обязательно имеет длину, достаточную для того, чтобы после запуска двигателя он был постоянно перекрыт жидкостным запорным кольцом. При такой форме выполнения частота срабатывания гидравлических насосов

непосредственно зависит от частоты вращения ротора.

Семнадцатое, дополнительное к шестнадцатому отличие состоит в том, что накопительный и нагнетательный патрубки объединены в общем кожухе и имеют одну общую стенку, разделяющую накопительную и нагнетательную полости. Такое решение существенно упрощает монтаж и повышает ремонтпригодность гидравлических насосов.

Восемнадцатое дополнительное отличие состоит в том, что дифференциально-планетарный механизм отбора мощности имеет центральный вал, установленный внутри одного из полых шипов коленчатого вала, входное ведущее зубчатое колесо с основным зубчатым венцом, жестко связанное с центральным валом, по меньшей мере, одно водило, жестко связанное с указанным шипом коленчатого вала, по меньшей мере, одну сателлитную шестерню, сидящую с возможностью вращения на оси водила и постоянно сцепленную с основным венцом указанного ведущего зубчатого колеса, соосное корпусу паразитное двухрядное зубчатое колесо, постоянно сцепленное одним рядом зубьев с сателлитной шестерней, выходную ведомую шестерню, постоянно сцепленную со вторым рядом зубьев двухрядного зубчатого колеса и жестко связанную с выходным валом, и средства кинематического подключения ведущего зубчатого колеса к ротору.

Такой механизм отбора мощности в сравнении с аналогичным механизмом известного РДВС существенно проще и надежнее и обеспечивает заметно меньшие относительные линейные скорости в тех зубчатых зацеплениях, которыми ротор подключен к выходному валу.

Девятнадцатое, дополнительное к восемнадцатому отличие состоит в том, что в качестве средств кинематического подключения указанного ведущего зубчатого колеса к ротору он имеет зубчатую пару с внутренним зацеплением в виде зубчатого венца на роторе и зубчатого колеса на центральном валу.

Двадцатое, дополнительное к восемнадцатому отличие состоит в том, что в качестве средств кинематического подключения указанного ведущего зубчатого колеса к ротору он имеет установленные соответственно на барабане и роторе зубчатые венцы с внутренним зацеплением, дополнительный зубчатый венец на барабане и дополнительный зубчатый венец на указанном ведущем зубчатом колесе, которые кинематически связаны через пару оппозитно установленных на общем промежуточном валу паразитных шестерен.

Два последних отличия обеспечивают возможность наиболее удобного выбора кинематической цепи отбора мощности в зависимости от выходной мощности и габаритных размеров конкретных РДВС согласно изобретению.

Естественно, что при выборе конкретных форм РДВС возможны произвольные комбинации указанных дополнительных отличий с основным изобретательским замыслом и что описанные ниже предпочтительные примеры его воплощения никоим образом не ограничивают объем изобретения, а описание работы на этих примерах не исключает других возможностей

функционирования РДВС.

На фиг.1 изображена кинематическая схема РДВС; на фиг.2 - поперечное сечение по А - А с фиг.1; на фиг.3 - развертка на плоскость рабочей полости ротора РДВС (вид со стороны жидкостного запорного кольца); на фиг.4 - узел подачи топлива на приготовление топливной смеси, ввода уплотнительно-компрессионной жидкости, высокого напряжений к свечам искровой системы зажигания и светового потока и вывода световых сигналов о положении камер сгорания относительно жидкостного запорного кольца; на фиг.5 - гидрораспределитель топлива, оптико-механическая схема формирования световых сигналов о положении камер сгорания в роторе относительно жидкостного запорного кольца и вывод высокого напряжения на распределитель системы зажигания; на фиг.6 - схема блока форсунок для впрыска жидкого топлива в камеры сгорания РДВС; на фиг.7 - схема сил и крутящих моментов, действующих на ротор работающего РДВС; на фиг.8 - схема сил и крутящего момента, действующих на коленчатый вал работающего РДВС; на фиг.9 - индикаторная PV-диаграмма рабочего цикла РДВС.

На этих чертежах стрелками обозначены и далее при описании работы предложенного РДВС объяснены:

на фиг.1, 2, 3 и 6 - направления потоков топлива, воздуха и продуктов сгорания (в том числе в виде отработавших газов с примесью охлаждающего воздуха на выхлопе);

на фиг.4 и 5 - ток высокого напряжения и световой поток в системе зажигания;

на фиг.7 и 8 - векторные величины, конкретно указанные далее при описании этих фигур.

Употребляемые ниже при характеристике взаиморасположения отдельных частей РДВС выделенные кавычками слова "верхний", "нижний", "по высоте", "слева", "справа" и т.п. указывают лишь на то, где показаны упоминаемые части на фигурах чертежей. Естественно, что при установке предложенного РДВС на произвольном техническом объекте и при его эксплуатации реальное пространственное положение частей может выглядеть иным образом.

Предложенный РДВС независимо от конкретной формы осуществления изобретательского замысла имеет (фиг.1); полые корпус 1, барабан 2 и ротор 3; коленвал 4, по меньшей мере, шипы которого выполнены полыми; предпочтительно дифференциально-планетарный механизм 5 отбора мощности с выходным валом 6; жидкостное запорное кольцо 7 из уплотнительно-компрессионной жидкости, необходимо существующее во время работы РДВС; и стартер 8.

Барабан 2 и шипы коленвала 4 размещены в корпусе 1 РДВС соосно. Ротор 3 установлен на колене коленвала 4 эксцентрично относительно барабана 2 и корпуса 1.

В таком двигателе для его запуска от стартера 8 и для отбора мощности на внешнюю нагрузку наряду с коленвалом 4 в разных воплощениях изобретательского замысла могут быть использованы разные пути и средства.

Один из таких возможных путей, предусматривающий съем крутящих моментов с коленвала 4 и ротора 3 через барабан 2, аналогичен указанному в нашей более ранней заявке WO 96/17161. В РДВС согласно

изобретению для этого может быть предусмотрена пара зубчатых венцов 9 и 10 с внутренним зацеплением, которые установлены соответственно на барабане 2 и роторе 3, и дополнительный зубчатый венец 11 на барабане 2, кинематически связанный, как далее подробно описано, с механизмом 5 отбора мощности.

Другой - более предпочтительный - альтернативный путь предусматривает съем крутящих моментов с коленвала 4 и ротора 3, минуя барабан 2. Для этого целесообразно использовать центральный вал 12, установленный внутри одного из полых шипов коленвала 4 и кинематически связанный с механизмом 5 отбора мощности, и зубчатую пару "колесо 13 и венец 14" с внутренним зацеплением, установленные соответственно на центральном валу 12 и роторе 3.

Специалисту понятно, что в реальном РДВС будет использована лишь одна из кинематических цепей отбора мощности, которые ради уменьшения количества иллюстраций совместно показаны на фиг.1.

Подшипники, обеспечивающие вращение барабана 2, ротора 3, коленвала 4, центрального вала 12, выходного вала 6 и некоторых других деталей дифференциально-планетарного механизма 5 отбора мощности, особо не обозначены номерами. Однако они хорошо видны на фиг.1, а выбор одной из возможных форм их выполнения (качения или скольжения) не представляет труда для специалистов.

Корпус 1 имеет "верхнюю" 15 и "нижнюю" 16 торцевые стенки, жестко связанные, например, не обозначенной особо цилиндрической обечайкой, в "нижней" части которой имеется отмеченное стрелкой, по меньшей мере, одно выхлопное окно.

"Верхняя" торцевая стенка 15 имеет в средней части окна 17 для всасывания воздуха в тракты продувки и охлаждения, а в периферийной части может иметь окно 18 для нагнетания воздуха в обводной воздушный патрубок 19, предложением которого служит полость "верхнего" шипа коленвала 4.

Полый барабан 2 имеет цилиндрическую обечайку 20, которая в работающем РДВС служит "дном" жидкостного запорного кольца 7 и которая по торцам имеет предпочтительно разновысокие сплошные кольцевые борта 21 и 22. При этом, как правило, более высокий (считая от обечайки 20) "нижний" борт 22 жестко связан с "нижней" же торцевой стенкой 23 барабана 2, которая опирается через подшипник на "нижний" шип коленвала 4 и которая имеет не обозначенные особо окна для выпуска из газодинамического тракта РДВС смеси отработавших газов и воздуха, использованного, как будет ниже описано, на охлаждение ротора 3.

Между бортами 21 и 22 расположена "верхняя" торцевая стенка 24, разделяющая полость барабана 2 на две сообщающиеся между собою части: большую напорную (между "нижним" бортом 22 и стенкой 24) и меньшую сливную (между стенкой 24 и "верхним" бортом 21).

Эти полости подключены к не показанной системе подпитки барабана 2 уплотнительно-компрессорной жидкостью (и/или, при необходимости, к также не показанной системе охлаждения этой жидкости) соответственно

напорным патрубком 25, введенным в полость "верхнего" шипа коленвала 4, и сливным патрубком 26, выведенным через "верхнюю" торцевую стенку 15 корпуса 1.

Для сообщения напорной и сливной полостей в стенке 24 должно быть выполнено, по меньшей мере, одно не обозначенное особо переливное отверстие ниже уровня "верхнего" борта 22, считая от обечайки 20.

Указанная стенка 24 в простейшей (и потому не показанной на чертеже) форме выполнения может иметь вид диска, который жестко связан по периметру с обечайкой 20 и опирается через подшипник на "верхний" шип коленвала 4.

На фиг.1 "верхняя" стенка 24 барабана 2 показана в одной из предпочтительных более сложных форм выполнения, в которой она состоит из трех жестко связанных между собой частей:

разделительного кольцевого выступа 27, который сам по себе может служить переливным порогом, расположенным по отношению к обечайке 20 ниже уровня "нижнего" борта 22 (но выше уровня "верхнего" борта 21) барабана 2, и/или может иметь, по меньшей мере, одно упомянутое переливное отверстие вблизи обечайки 20;

перемычки 28, имеющей (при использовании указанного выступа 27 как переливного порога), по меньшей мере, одно не обозначенное особо окно, открытое в сторону сливной полости барабана 2 и

диска 29, опирающегося на "верхний" шип коленвала 4 и, как правило, несущего на "верхней" стороне вентиляторную крыльчатку 30 для нагнетания воздуха на продувку, охлаждение и приготовление свежих зарядов топливной смеси (например, через не обозначенные особо перепускные окна между лопастями крыльчатки 30 и через патрубок 19).

Целесообразно, чтобы на внешней, открытой в выхлопной тракт стороне "нижнего" борта 22 барабана 2 над упомянутыми выпускными окнами в его торцевой стенке 23 также была установлена вентиляторная крыльчатка 30. При этом - в зависимости от мощности и габаритов РДВС - возможно использование только одной из крыльчаток или обеих вместе.

Также целесообразно, чтобы "нижний" борт 22 барабана 2 и/или разделительный кольцевой выступ 27 был(и) снабжен(ы), по меньшей мере, одним аксиальным кольцевым выступом 31, установленным с зазором относительно ротора 3. Этот зазор во время работы РДВС выполняет роль кольцевой дроссельной щели, ширину которой можно регулировать известным для специалистов образом.

Полый открытый по периферии ротор 3 (фиг.1) ограничен с торцов радиально ориентированными "верхним" бортом 32 большего и "нижним" бортом 33 меньшего наружного размера, расположенными в газодинамическом тракте РДВС соответственно со стороны впуска-продувки и со стороны выхлопа. Борта 32 и 33 могут быть собраны из плотно состыкованных с телом ротора 3 и между собой отдельных радиально ориентированных предпочтительно плоских пластин с уступами переменной (обычно плавно уменьшающейся, как это видно на фиг.2, по направлению вращения ротора 3) высоты или иметь вид цельных пластин с вырезами переменной высоты. При этом число уступов или вырезов кратно числу описываемых далее камер сгорания, а максимальный радиус

"верхнего" борта 32 должен быть таким, чтобы при максимальном сближении ротора 3 с обечайкой 20 барабана 2 между ними оставался зазор, достаточный для свободного вращения ротора 3.

Борта 32 и 33 ограничивают с торцов рабочую полость ротора 3, которая расположенными на равных угловых расстояниях одна от другой радиально ориентированными перегородками 34 (см. фиг.2) разделена, по меньшей мере, на два отсека, служащих камерами сгорания. Эти подобные лопасти турбин перегородки 34 жестко связаны с телом ротора 3 и бортами 32 и 33 и имеют одинаковую высоту, равную максимальному радиусу "верхнего" борта 32.

В предпочтительном более сложном случае, как видно на фиг.1 и 2, заметную часть объема каждой камеры сгорания может составлять выемка в теле ротора 3, обычно расположенная с удаленной от выхлопного тракта стороны и ограниченная порогом, который переходит в радиальный кольцевой выступ 35, направленный от донной части камеры сгорания к геометрической оси ротора 3.

Для улучшения охлаждения ротора 3, интенсификации продувки воздухом и, особенно, заполнения камер сгорания свежими зарядами топливной смеси предпочтительно, чтобы в теле ротора 3 в направлении от его геометрической оси к периферии были выполнены не показанные детально и не обозначенные особо перепускные каналы, которые в период продувки, и заполнения свежими зарядами соединяют полости камер сгорания с полостью "верхнего" шипа коленвала 4 и периодически перекрываются при вращении ротора жидкостным запорным кольцом 7. Выходы из этих каналов и направления движения формирующейся топливной смеси показаны на фиг.1 и 2 прямыми двойными светлыми стрелками.

Независимо от формы выполнения камер сгорания перегородки 34 в простейшем случае могут быть плоскими, как на фиг.2, но могут иметь и фасонный, например полностью или частично изогнутый профиль, который может быть выбран специалистами на основе расчетов и/или экспериментально по критерию минимального сопротивления газодинамического тракта.

Для повышения эффективности продувки камер сгорания от остатков отработавших газов и заполнения этих камер свежими зарядами топливной смеси ротор 3 может быть оснащен, по меньшей мере, одним, а предпочтительно - несколькими из указанных далее дополнительных средств.

Так, перед каждой из перегородок 34 по направлению вращения ротора 3 могут быть установлены (фиг.2), по меньшей мере, одна, а предпочтительно две (и более) однотипные дополнительные перегородки 36 меньшей, чем у перегородок 34, и обычно одинаковой на всем протяжении высоты, которые совместно с перегородками 34 ограничивают выходы из вышеупомянутых перепускных каналов для впуска воздуха и топлива.

Далее, между каждой парой перегородок 34 с зазором относительно тела ротора 3 могут быть установлены дефлекторы.

Например, желательно, чтобы между бортами 32 и 33 ротора 3 были установлены

предпочтительно перфорированные вблизи удаленного от тела ротора 3 края (и обычно плоские) дефлекторы 37 (фиг.1), направляющие поток продувочного воздуха и препятствующие прямому выходу части свежего заряда в выхлопной тракт при продувке камер сгорания.

Также желательно, чтобы между каждым из указанных дефлекторов 37 и "верхним" бортом 32 с зазором относительно тела ротора 3 на выходе из каналов подачи свежих зарядов топливной смеси и продувочного воздуха были установлены дополнительные дефлекторы 38, направляющие топливную смесь в прилегающие части камер сгорания (фиг.2).

Кроме того, в теле ротора 3 (фиг.1 и, особенно, фиг.2) желательно иметь сквозные продольные, расположенные на равных угловых расстояниях ограниченные стенками 39 сообщающиеся с атмосферой каналы, число которых предпочтительно кратно числу камер сгорания. Полости каналов могут дополнительно сообщаться с камерами сгорания через не обозначенные особо отверстия. Проходящие через такие каналы потоки воздуха, служащего хладагентом, и ответвления от этих потоков в камеры сгорания для продувки и приготовления топливной смеси показаны на фиг.1 простыми темными стрелками.

И, наконец, радиально ориентированные ограничивающие камеры сгорания перегородки 34 (фиг.2) могут быть перфорированы, а отверстия прикрыты, например, упругими клапанами 40 мембранного типа с поплавками.

Таким образом, предложенный РДВС (фиг.1) имеет совмещенную систему продувки камер сгорания (от отработавших газов) и охлаждения, в которой:

входами служат окна 17 в средней части "верхней" торцевой стенки 10 корпуса 1 и полость "верхнего" шипа коленвала 4;

побудителем движения воздуха, расходуемого на продувку, на приготовление свежих зарядов топливной смеси и на охлаждение, является, по меньшей мере, одна вентиляторная крыльчатка 30; тракт продувки разветвлен и включает:

- в первой части - как правило, обводной воздушный патрубок 19 и, обязательно, "верхний" шип коленвала 4 и далее внутреннюю полость ротора 3, перепускные каналы и сквозные продольные каналы 39 в теле ротора 3, камеры сгорания и уступы в "нижнем" борте 32 ротора 3, а
- во второй части - как правило, перепускные окна в диске 29, расположенные между лопастями "верхней" вентиляторной крыльчатки 30, и, обязательно, уступы в "верхнем" борте 32 ротора 3, камеры сгорания и уступы в "нижнем" борте 32 ротора 3,

тракт охлаждения также разветвлен и включает:

- уже указанные каналы тракта продувки и дополнительно
- кольцевой зазор между обечайкой корпуса 1 и цилиндрической обечайкой 20 барабана 2,

а общим выходом служит полость между "нижними" торцевой стенкой 23 и бортом 22 барабана 2 и "нижней" торцевой стенкой 16 корпуса 1, сообщающаяся с выходами из вышеописанных трактов продувки и охлаждения и через не обозначенные особо окна в торцевой стенке 23 барабана 2 и в обечайке корпуса 1 - с атмосферой.

Для уравнивания ротора 3 на шипах колен

вала 4 установлены "верхний" и "нижний" балансирующие противовесы 41.

В простейшей форме выполнения системы питания (т.е. подачи топлива и приготовления топливной смеси) достаточно:

чтобы в одном из шипов коленвала 4, подключенном через обводной воздушный патрубок 19 к системе продувки и охлаждения, был размещен закрепленный относительно корпуса 1 полый центральный топливопровод 42 и

чтобы его выходной конец имел, по меньшей мере, одно выходное отверстие, открытое во внутреннюю полость ротора 3 (т.е. в тракт подачи воздуха через указанный шип) и предпочтительно рассчитанное на питание РДВС в режиме запуска, холостого хода и на средних оборотах.

В более сложной форме выполнения системы питания указанный центральный топливопровод 42 может быть снабжен более подробно описанным далее радиальным ответвлением с форсункой, которая также должна иметь выходное отверстие, открытое в тракт подачи воздуха со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3 и предпочтительно рассчитанное на питание РДВС при работе с полной нагрузкой.

Весьма целесообразно, чтобы центральный топливопровод 42 был снабжен двумя указанными выше выходными отверстиями.

Таким образом, система питания в существенной части совмещена с системой продувки и охлаждения так, чтобы свежие заряды топливной смеси формировались при смешивании топлива с потоками воздуха вне и/или внутри камер сгорания.

В более предпочтительной форме реализации изобретательского замысла целесообразно, чтобы система питания была, по меньшей мере, частично заблокирована также с системой зажигания и чтобы в такой блок были включены (фиг.1, 4 и 5);

а) жестко закрепленные относительно корпуса 1 и соосно расположенные в полости шипа коленвала 4 (фиг.1 и 4):

указанный топливопровод 42, который выполнен из электропроводного материала, подключен внешним входным концом (через диэлектрическую вставку) к не показанному на чертежах топливному баку, а внутренним выходным концом - к, по меньшей мере, одному тракту подачи топлива в камеры сгорания в роторе 3 (в частности, через описанный далее гидрораспределитель 43) и дополнительно присоединен к высоковольтному проводу 44 от не показанной обычной индукционной катушки,

также полый, выполненный из диэлектрического материала, входной световод 45, который охватывает топливопровод 42 и служит для него электроизолятором и который свободным торцом обращен к источнику 46 света, и

сплошной выходной центральный световод 47, подключенный выходным концом к также не показанному на чертеже блоку управления индукционной катушкой;

б) жестко закрепленные относительно того же шипа коленвала 4 (фиг.1 и 5);

указанный гидрораспределитель 43, корпус 48 которого соосно расположен в полости шипа коленвала 4 и со стороны ввода в него

центрального топливопровода 42 снабжен не обозначенной особо электроизолированной опорой скольжения с уплотнением,

промежуточные входной 49 и выходной 50 световоды в виде изогнутых отрезков оптоволоконных светопроводов, закрепленные в корпусе 48 так, что:

- входной торец световода 49 выступает из корпуса 48 и расположен напротив торца полого входного световода 45,

- выходной торец световода 50 внутри корпуса 48 расположен на одной геометрической оси со сплошным выходным центральным световодом 47, который вместе с топливопроводом 42 введен в этот корпус 48, и

- выходной торец световода 49 и входной торец световода 50 совместно выведены в не обозначенное особо окно в стенке шипа коленвала 4;

закрепленный на боковой стенке корпуса 48 электроизолированный радиальный токопровод 51 с размещенным в корпусе 48 гидрораспределителем 43 и опирающимся на поверхность центрального топливопровода 42 скользящим особо не обозначенным контактором (типа "щетки") для питания закрепленных в роторе 3 свечей 52 зажигания, число которых кратно числу камер сгорания,

первый и второй промежуточные топливопроводы 53 и 54, радиально отходящие (фиг.5) от корпуса 48 гидрораспределителя 43, и

топливопровод 55 с форсункой для подачи топлива в поток воздуха, поступающего в камеры сгорания со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3 (и, соответственно, служащий вышеупомянутым, но не обозначенным ранее радиальным ответвлением центрального топливопровода 42),

в) закрепленные относительно ротора 3: расположенные под каждой камерой сгорания блоки 56 форсунок, каждый из которых (фиг.6) включает:

- форсунку 57 для работы на холостом ходу, которая подключена к промежуточному топливопроводу 53 и имеет накопительную полость, перекрываемую с выходного торца подпружиненным золотником 58, и

- форсунку 59 для впрыска топлива при номинальной нагрузке, подключенную к промежуточному топливопроводу 54 через (вновь см. фиг.5) гидравлический насос 60 с обратным клапаном 61 и имеющую (фиг.6) питающий 62 и сливной 63 патрубки и клапан, золотник 64 которого штоком жестко связан с подпружиненным плунжером 65, размещенным между питающим патрубком 62 (от насоса 60) и сливным патрубком 63 (для возврата утечек топлива на вход насоса 60); и

отражатели 66, число которых равно числу камер сгорания и которые служат для замыкания оптической цепи через указанные выше выходной торец промежуточного входного световода 49 и входной торец промежуточного выходного световода 50.

При этом указанные промежуточные топливопроводы 53 и 54 подключены соответственно на вход форсунки 57 и гидравлического насоса 60 через кольцевую полость в теле ротора 3, разделенную перегородкой 67 на несообщающиеся между собою части.



Весьма целесообразно, чтобы в полости шипа коленвала 4 на выходе из отверстия в топливопроводе 42 (при отсутствии гидрораспределителя 43) или из полости гидрораспределителя 43 во внутреннюю полость ротора 3, был жестко закреплен отбойник 68 струи топлива (фиг.1 и 5).

Гидрораспределитель 43 предназначен для автоматического регулирования подачи топлива на формирование свежих зарядов топливной смеси в зависимости от режима работы РДВС. Для этого корпус 48 гидрораспределителя 43 снабжен:

- коротким предпочтительно радиальным выпускным патрубком 69, выходное отверстие которого расположено над отбойником 68,

- поплавковой камерой, полость которой сообщается с полостью патрубка 69 и в которой размещен поплавок 70 со штоком-золотником 71 для запираания седла 72 на входе в первый промежуточный топливопровод 53 и

- четырьмя установленными внутренними порогами последовательно возрастающей высоты, а именно:

- минимальным порогом в виде указанного седла 72, которое обеспечивает подачу топлива через первый промежуточный топливопровод 53 в накопительную полость форсунки 57, работающей на холостом ходу,

- первым промежуточным порогом в виде (возможно, наклонного к геометрической оси корпуса 48) кольцевого бурта 73, ограничивающего подачу топлива через выходное отверстие в патрубке 69,

- вторым промежуточным порогом в виде входного торца 74 второго промежуточного топливопровода 54 для подачи топлива в накопительную полость гидравлического насоса 60, и

- максимальным порогом в виде входного торца 75 радиального топливопровода 55 с форсункой для подачи топлива на входы камер сгорания со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3.

Аналогично, подключенные к гидрораспределителю 43 гидравлические насосы 60 (фиг.5) предназначены для автоматического нагнетания топлива во вторые форсунки 59 в блоках форсунок 56. Каждый насос 60 имеет (не обязательно круглые в поперечных сечениях) накопительный 76 и нагнетательный 77 патрубки, полости которых сообщаются со стороны, обращенной к цилиндрической обечайке 20 барабана 2. При этом патрубок 76 обязательно имеет длину, достаточную для того, чтобы после запуска двигателя он был постоянно перекрыт жидкостным запорным кольцом 7.

Патрубки 76 и 77, как видно на фиг.5, целесообразно объединить в едином кожухе так, что они будут иметь одну общую стенку, разделяющую накопительную и нагнетательную полости, а боковая стенка одного из этих патрубков может быть выполнена за одно целое с "верхним" бортом 32 ротора 3. Важно, чтобы, по меньшей мере, нагнетательный патрубок 77, а желательно - и накопительный патрубок 76, имели форму конфузора.

Накопительный патрубок 76 насоса 60 вторым промежуточным топливопроводом 54 и служащим его продолжением напорным патрубком 78

подключен к гидрораспределителю 43, а нагнетательный патрубок 77, на выходе из которого установлен вышеуказанный обратный клапан 61, питающим патрубком 62 подключен к полости форсунки 59, находящейся под плунжером 65.

Возможны и иные не показанные на чертежах частные варианты совмещения систем питания и зажигания РДВС.

Например, в качестве центрального топливопровода может быть использован полый входной световод 45, а для питания свечей 52 зажигания с внешней или внутренней стороны такого топливопровода-световода может быть проложен провод высокого напряжения, подключенный по концам контактными парами "кольцо-щетка" к высоковольтному проводу 44 и к радиальному токопроводу 51.

Дифференциально-планетарный механизм 5 независимо от порядка отбора мощности на выходной вал 6: с коленвала 4 и ротора 3, минуя барабан 2, или с коленвала 4 и ротора 3 через барабан 2 - имеет следующие основные детали (фиг.1):

- ранее упомянутый центральный вал 12, установленный (преимущественно в радиально-упорных подшипниках) внутри одного из шипов коленвала 4,

- входное ведущее (внутри указанного механизма 5) жестко связанное с центральным валом 12 зубчатое колесо 79 с основным зубчатым венцом,

- по меньшей мере, одно водило 80, жестко связанное с одним из шипов коленвала 4,

- по меньшей мере, одну сателлитную шестерню 81, сидящую с возможностью вращения на оси водила 80 и постоянно сцепленную с основным венцом зубчатого колеса 79,

- паразитное двухрядное зубчатое колесо 82, сидящее с возможностью вращения, например на одном из шипов коленвала 4 (или, что не показано, на торцевом выступе корпуса 1), и постоянно сцепленное одним рядом зубьев с сателлитной шестерней 81,

- выходную ведомую шестерню 83, постоянно сцепленную со вторым рядом зубьев паразитного двухрядного зубчатого колеса 82,

- выходной вал 6, на котором закреплена шестерня 83, и

- средства кинематического подключения ведущего зубчатого колеса 79 к ротору 3, выбор которых зависит от упомянутого порядка отбора мощности на полезную нагрузку.

Так, в предпочтительном варианте отбора мощности с коленвала 4 и ротора 3, минуя барабан 2, центральный вал 12 служит средством передачи одного из крутящих моментов. Соответственно, в таком варианте средствами подключения ведущего зубчатого колеса 79 к ротору 3 служат ранее упомянутые зубчатый венец 14 на роторе 3 и зубчатое колесо 13 на центральном валу 12.

Специфической особенностью этого варианта может служить включение между "верхним" шипом коленвала 4 и барабаном 2 обгонной или центробежной муфты 84, используемой для раскрутки барабана 2 при запуске РДВС. При установке такой муфты нужна в паре зубчатых венцов 9 и 10 для кинематической связи барабана 2 и ротора 3 практически отсутствует, ибо после запуска РДВС устойчивое вращение барабана 2 может быть обеспечено его сцеплением с ротором

3 через жидкостное запорное кольцо 7.

В другом варианте отбора мощности с коленвала 4 и ротора 3 через барабан 2 центральный вал 12 отключен от ротора 3 и может быть использован как средство передачи крутящего момента только при запуске РДВС от стартера 8. В этом варианте средствами кинематической связи входного ведущего зубчатого колеса 79 с ротором 3 служат дополнительный зубчатый венец 85 на этом колесе 79 и подключенная к дифференциально-планетарному механизму 5 дополнительная пара оппозитно установленных на общем промежуточном валу 86 паразитных шестерен 87 и 88, которые постоянно сцеплены с указанным дополнительным венцом 85 на колесе 79 и ранее упомянутым дополнительным зубчатым венцом 11 на барабане 2.

Именно в этом варианте необходима постоянная кинематическая связь барабана 2 и ротора 3 через зубчатые венцы 9 и 10.

Естественно, что для сцепления дополнительного зубчатого венца 11 барабана 2 с паразитной шестерней 88 в "нижней" торцевой стенке 16 корпуса 1 выполнен паз.

Для регулирования расхода воздуха на приготовление топливной смеси (и тем самым - для регулирования мощности РДВС) в обводном воздушном патрубке 19, как показано на фиг.1, или в иной подходящей части воздушного тракта может быть установлена подвижная дроссельная заслонка 89, а упомянутые выше индукционная катушка и блок управления системой зажигания могут быть размещены в кожухе 90, условно ограниченном штриховой линией на фиг.1.

Источником уплотнительно-компрессионной жидкости в простейшем случае (преимущественно для стационарных РДВС) может быть канистра или иной переносной сосуд, из которого эта жидкость при запуске РДВС будет залита в полость баобаана 2. Однако предпочтительно иметь не показанные особо герметичный бак для этой жидкости, сообщающийся с полостью барабана 2 упомянутыми выше питающим 25 и сливным 26 патрубками, насос и, возможно, средства охлаждения.

Уплотнительно-компрессионной жидкостью могут служить обладающие высокой плотностью (желательно от 2,0 до 4,0 г/см<sup>3</sup>) водные растворы некоторых солей (например, NaBr или KBr) и/или синтетические термостойкие жидкие (в частности, кремнийорганические) олигомеры или комбинации таких материалов, образующие явно выраженные несмешивающиеся слои в жидкостном запорном кольце 7.

Система смазки РДВС особо не показана, ибо для опытного конструктора не представляют особых затруднений ни выбор подшипников, требующих минимальной смазки, ни разработка средств их смазки текучими маслами.

Конструкция стартера 8 может быть произвольной. При этом целесообразно, чтобы он при запуске мог включать в кинематическую цепь РДВС через входное ведущее планетарное зубчатое колесо 79 дифференциально-планетарного механизма 5, общее для обеих описанных схем отбора мощности. Для подключения стартера 8 предусмотрена предпочтительно центробежная муфта 91.

Целесообразно также, чтобы предложенный

РДВС был оснащен, по меньшей мере, ограничителем максимальной частоты вращения, например в виде отсекаателя подачи топлива.

Работает описанный РДВС следующим образом.

Перед его запуском выходной вал 6 с выходной ведомой шестерней 83 и, соответственно, паразитное двухрядное зубчатое колесо 82 необходимо застопорить.

При запуске включают стартер 8. Муфта 91 передает его крутящий момент на центральный вал 12 и входное ведущее зубчатое колесо 79, которое через сателлитную шестерню 81, обкатывающуюся по одному из рядов зубьев застопоренного зубчатого колеса 82, и водило 80 раскручивает коленвал 4.

Далее раскрутка ротора 3 и барабана 2 может происходить в одном из описанных ниже альтернативных вариантов (фиг.1):

либо последовательно, в том числе:

- когда крутящий момент через центральный вал 12, зубчатое колесо 13 и зубчатый венец 14 передается ротору 3 и от него через зубчатые венцы 10 и 9 на барабан 2, или

- когда крутящий момент через дополнительный венец 85 на входном ведущем зубчатом колесе 79, паразитную шестерню 88, промежуточный вал 86, паразитную шестерню 87 и дополнительный зубчатый венец 11 передается барабану 2 и от него через пару зубчатых венцов 9 и 10 на ротор 3;

либо параллельно, когда крутящий момент передается на ротор 3 через центральный вал 12, зубчатое колесо 13 и зубчатый венец 14, а на барабан 2 - через оппозитный стартеру 8 шип коленвала 4 и муфту 84.

Независимо от варианта раскрутки и последующего вращения барабана 2 и числа установленных крыльчаток 30 система продувки и охлаждения РДВС работает следующим образом (фиг.1).

Атмосферный воздух засасывается через окна 17 в средней части "верхней" торцевой стенки 10 корпуса 1 и через "верхний" полый шип коленвала 4 (либо непосредственно, либо через окно 18 в периферийной части той же стенки 10 корпуса 1 и обводной воздушный патрубок 19).

Поток воздуха из окон 17 в зазоре между "верхними" торцевыми стенками 15 корпуса 1 и 24 барабана 2 разветвляется так, что одна его часть, расходуемая только на охлаждение, через сливную часть полости барабана 2 и далее через кольцевой зазор между не обозначенной боковой стенкой корпуса 1 и цилиндрической обечайкой 20 барабана 2 проходит на выхлоп, а вторая часть, расходуемая на охлаждение, продувку и частичное формирование свежих зарядов топливной смеси, вновь разветвляется в зазоре между диском 29 барабана 2 и "верхним" бортом 32 ротора 3.

Первая часть такого ответвленного потока воздуха через уступы или вырезы в "верхнем" борте 32 ротора 3 входит в камеры сгорания "сверху", когда этот борт 32 не погружен в жидкостное запорное кольцо 7, и в установившемся режиме обеспечивает вытеснение отработавших газов в сторону выхлопного тракта. При использовании топливопровода 55 та же часть потока воздуха подхватывает по пути часть топлива, расходуемого на внутреннее смесеобразование, как более подробно указано

ниже.

Вторая часть такого ответвленного потока воздуха поступает в сквозные ограниченные стенками 39 продольные каналы в теле ротора 3 и проходит в выхлопной тракт, в котором (в работающем РДВС) перед выхлопом смешивается с отработавшими газами и понижает их температуру. В случае, когда указанные продольные каналы сообщаются с камерами сгорания, часть указанного потока воздуха участвует в продувке этих камер и в формировании свежих зарядов топливной смеси.

Поток воздуха, входящий в РДВС через "верхний" полый шип коленвала 4, попадает только в камеры сгорания и расходуется на их продувку (с сопутствующим охлаждением ротора 3) и на полное (при подаче топлива только внутрь указанного шипа) или частичное формирование свежих зарядов топливной смеси в режиме внешнего смесеобразования, как более подробно указано ниже.

После выхода барабана 2 на число оборотов, достаточное для формирования жидкостного запорного кольца, через питающий патрубок 25 и "верхний" шип коленвала 4 и/или непосредственно в напорную часть полости барабана 2 заливают уплотнительно-компрессионную жидкость. Часть этой жидкости через переливные отверстия в "верхней" торцевой стенке 24 и/или переливной порог в виде разделительного кольцевого выступа 27 и/или переливное окно в перемычке 28 перетекает в сливную часть полости барабана 2. Поэтому требуемый объем и уровень сформированного жидкостного запорного кольца 7 поддерживается постоянной рециркуляцией уплотнительно-компрессионной жидкости через сливной 26 и напорный 25 патрубки при динамическом равенстве ее притока и оттока.

Сформированное кольцо 7 периодически отсекает камеры сгорания в роторе 3 от газодинамического тракта, сжимая (и нагревая от сжатия) порции продувочного воздуха, что приводит к подогреву ротора 3.

Вслед за этим включают систему питания топливом, которая может работать по-разному в зависимости от конкретной конструкции и от конкретных режимов (холостого хода и нагрузки), и систему зажигания.

При использовании одного лишь центрального топливопровода 42 возможны два основных варианта питания РДВС:

а) подачей топлива только в полость шипа коленвала 4 (предпочтительно на отбойник 68 струи) в поток набегающего через этот же шип воздуха, или

б) подачей части топлива в полость упомянутого шипа, как указано выше, и одновременно через топливопровод 55 подачей другой части топлива в поток воздуха, набегающий со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3.

В варианте (а) происходит преимущественно внешнее смесеобразование, поскольку та часть потока воздуха, которая обтекает отбойник 68, отчасти непосредственно дробит струю топлива, а отчасти размазывает его по этому отбойнику и подхватывает срывающиеся с него микрокапли вне камер сгорания.

Кольцевой выступ 35 разделяет поток

набегающего воздуха на часть, практически не содержащую топлива и расходуемую преимущественно на продувку камер сгорания, и часть, обогащенную топливом и расходуемую преимущественно на приготовление свежих зарядов топливной смеси и наполнение ими камер сгорания. Поэтому после отсечения при вращении роторе 3 каждой продвинутой камеры сгорания жидкостным запорным кольцом 7 концентрация топлива в ней будет более высокой со стороны "верхнего" борта 32 и меньшей со стороны "нижнего" борта 33 ротора 3.

В варианте (б) внешнее смесеобразование, как оно описано выше, происходит лишь для той части топлива, которая поступает через полый шип коленвала 4, а часть топлива, подаваемая через топливопровод 55, смешивается с частью воздуха, поступающего со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3, уже внутри камер сгорания.

При этом отмеченный выше эффект отрицательного градиента концентрации топлива в свежих зарядах топливной смеси вдоль ротора 3 в направлении от его "верхнего" борта 32 к "нижнему" борту 34 становится еще более заметным, что способствует послойному сгоранию топлива.

При использовании гидрораспределителя 43 варианты (а) и (б) внешнего и внутреннего смесеобразования сохраняются, хотя в целом питание РДВС топливом происходит несколько иначе, чем описано выше.

Действительно, при запуске РДВС (фиг.5) топливо, поступающее в корпус 48 гидрораспределителя 43 через полый центральный топливопровод 42, перетекает через минимальный порог в виде седла 72 клапана и далее через первый промежуточный топливопровод 53 (фиг.6) и расположенную "слева" от перегородки 67 часть кольцевой полости в теле ротора 3 поступает в накопительную полость каждой из форсунок 57, работающих только на холостом ходу. Из этой полости топливо по мере его накопления и отжима подпружиненного золотника 58 периодически впрыскивается в камеры сгорания РДВС, где в режиме внутреннего смесеобразования и происходит формирование и сгорание свежих зарядов топливной смеси, достаточное для запуска РДВС и выхода на режим холостого хода.

По мере увеличений количества топлива в камере 48 гидрораспределителя 43 до уровня, достаточного для перелива через первый промежуточный порог 73, что может произойти еще при запуске или непосредственно после запуска РДВС, начинается (фиг.5) подача части топлива через радиальный выпускной патрубок 69 на отбойник 68 с внешним смесеобразованием. Одновременно происходит заполнение поплавковой камеры и связанный с поплавком 70 шток-золотник 71 запирает седло 72 клапана на входе в первый промежуточный топливопровод 53.

Образующаяся при такой подаче топлива топливная смесь через каналы в теле ротора 3, ограниченные радиально ориентированными перегородками 34 и (в одной из форм воплощения изобретательского замысла) дополнительными перегородками 36, поступает в камеры сгорания по направлению вращения ротора 3 (см. длинные двойные светлые стрелки на фиг.2, переходящие в разветвляющиеся стрелки такого же типа, и направленные "вниз" двойные стрелки на фиг.3).

При использовании перфорированных перегородок 34 и мембранных клапанов 40 с поплавками часть такой топливной смеси может быть подана противоположно вращению ротора 3 перед отсечением камер сгорания жидкостным запорным кольцом 7 (см. короткие двойные светлые стрелки на фиг.2, переходящие в одинарные стрелки такого же типа, и направленные "вверх" двойные стрелки на фиг.3).

Описанный частный вариант подачи топлива достаточен для устойчивой работы РДВС на холостом ходу и при малой нагрузке.

Если же нагрузка на выходной вал 6 возрастает, изменением положения дроссельной заслонки 89 уменьшают сопротивление входной части газодинамического тракта и увеличивают подачу топлива через центральный топливопровод 42 в корпус 48 гидрораспределителя 43. При достижении второго промежуточного порога 74 (фиг.6) топливо через второй промежуточный топливопровод 54 и далее через расположенную "справа" от перегородки 67 часть кольцевой полости в теле ротора 3, питающие патрубки 62 и накопительный 76, и нагнетательный 77 патрубки каждого из гидравлических насосов 60 поступает (фиг.6) в подплунжерные полости форсунок 59, откуда впрыскивается в камеру сгорания.

Подкачка топлива каждым из насосов 60 включает натекание топлива в накопительный патрубок 76, постоянно запертый жидкостным запорным кольцом 7, перетекание топлива в нагнетательный патрубок 77, отсечку и вдавливание тем же кольцом 7 каждой очередной дозы топлива из нагнетательного патрубка 77 в питающий патрубок 62 через обратный клапан 61. Упомянутый впрыск топлива в камеру сгорания происходит при отжиме подпружиненного плунжера 65 форсунки 59 одновременно с возвратом топлива, просочившегося в подплунжерную полость форсунки 59, через сливной патрубок 63 в питающий патрубок 62.

При максимальной нагрузке уровень топлива в корпусе 48 гидрораспределителя 43 превышает максимальный порог 75, чем обеспечиваются подача части топлива в часть потока воздуха, подаваемого в камеры сгорания, как описано выше, со стороны "верхнего" борта 32 ротора 3 и частичное формирование свежих зарядов топливной смеси в режиме внутреннего смесеобразования.

Искровое зажигание сжатой топливной смеси происходит односторонне независимо от избранного варианта подачи топлива и условий смесеобразования.

Для этого в соответствии с требуемым углом опережения при сжатии свежих зарядов топливной смеси на свечи 52 зажигания от непоказанной индукционной катушки через высоковольтный провод 44, токопроводящий полый центральный топливопровод 42 и радиальный токопровод 51 со скользящим контактором подают импульсы тока высокого напряжения. Особенность работы системы зажигания предложенного РДВС заключается в использовании оптоэлектронных средств для определения момента зажигания.

Так, для контроля положения камер сгорания относительно жидкостного запорного кольца 7 от источника 46 в полый входной световод 45

непрерывно подают световой поток, который через промежуточный входной световод 49 и не обозначенное особо окно в стенке полого шипа коленвала 4 также непрерывно выходит пространство между этим шипом и ротором 3. По мере пересечения светового пучка от световода 49 зеркальными отражателями 66 дискретные световые сигналы через промежуточный выходной световод 50 и сплошной выходной центральный световод 47 поступают на не показанный блок управления индукционной катушкой. Настройка элементов этой системы на требуемые значения времени опережения зажигания не представляет особого труда.

Однако искровое зажигание предпочтительно при постоянном питании РДВС бензином и другими легколетучими жидкими топливами типа этилового спирта и его смесей с летучими углеводородами, а также при запуске стационарных РДВС, работающих на дизельном топливе, с применением пусковых доз одного из указанных легколетучих топлив. В остальном же конструкция РДВС допускает отключение искровой системы зажигания и использование воспламенения от сжатия, особенно при оснащении РДВС гидрораспределителем 43 и форсункой 59 с гидравлическим насосом 60.

После запуска РДВС и выхода его на рабочий режим стартер 8 должен быть отключен, а выходной вал 6 расстопорен.

Выходной крутящий момент на этом валу 6 формируется сложением в дифференциально-планетарном механизме 5 отбора мощности активного крутящего момента на роторе (далее обозначенного  $M_{кр.р.}$ ) и реактивного крутящего момента на коленвале 4 (далее обозначенного  $M_{кр.кв.}$ ).

Первый из них возникает как следствие действия газодинамических сил на радиально ориентированные перегородки 34. Действительно, вся совокупность газодинамических сил, действующих на ограничивающие камеры сгорания внутреннюю поверхность ротора 3, жидкостное запорное кольцо 7 и указанные перегородки 34, включает (фиг.7):

результатирующую радиальную силу давления газов на внутреннюю поверхность ротора 3, которая направлена к его геометрической оси и относительно ротора 3 как такового уравнивается в его подшипниковых узлах;

результатирующую радиальную силу давления газов на поверхность жидкостного запорного кольца 7, которая направлена от геометрической оси барабана 2 к его периферии и уравнивается в подшипниковых узлах барабана 2;

неуравновешенные встречно действующие на перегородки 34 в камерах сгорания окружные (тангенциальные) результирующие силы, одна из которых (меньшая, показанная "слева") возникает в камерах сгорания, где протекает сжатие свежих зарядов топливной смеси, а вторая (большая, показанная "справа") - в камерах сгорания, где протекает сгорание зарядов топливной смеси и расширение продуктов сгорания.

Равнодействующая именно этих неуравновешенных сил понятным для специалиста образом создает активный момент  $M_{кр.р.}$ .

Крутящий момент  $M_{кр.кв.}$  (фиг.8) коленвала 4 является реакцией крутящего момента  $M_{кр.р.}$ . Он

возникает от равнодействующей сил давления газа на внутреннюю поверхность ротора 3, вектор которой не совпадает с линией эксцентриситета коленвала 4, благодаря чему образуется плечо момента.

Далее, поскольку ротор 3 расположен относительно барабана 2 с эксцентриситетом "е" (фиг.8), поскольку на коленвале 4 возникает обозначенный контурной стрелкой реактивный крутящий момент

$$M_{кр.кв.} = F * L,$$

где F - равнодействующая радиальная сила давления газов на внутреннюю поверхность ротора 3, проходящая через его геометрическую ось, а;

L - длина плеча силы F.

Крутящие моменты ротора 3 ( $M_{кр.р.}$ ) и коленвала 4 ( $M_{кр.кв.}$ ) передаются в механизм 5 для формирования крутящего момента на выходном валу 6 следующим образом.

$M_{кр.р.}$  передается на ведущее зубчатое колесо 79 механизма 5:

а) предпочтительно через зубчатый венец 14, колесо 13, центральный вал 12; или (в другой форме конструктивного выполнения РДВС);

б) через зубчатые венцы 9 и 10, барабан 2, зубчатый венец 11, вал 86, пару шестерен 87 и 88 и дополнительный зубчатый венец 85 на колесе 79.

$M_{кр.кв.}$  во всех случаях передается в механизм 5 водилом 80, на оси которого находится сателлитная шестерня 81.

Кроме того, на сателлитную шестерню 81 от вала 6 через шестерни 83 и 82 передается момент сопротивления нагрузки.

Таким образом, на сателлитной шестерне 81 происходит сложение сил от трех моментов; ротора 3, коленвала 4 и нагрузки от выходного вала 6.

Текущий режим работы механизма 5 зависит от конкретных конструктивных параметров РДВС, передаточных отношений зубчатых зацеплений, соотношений величин вышеперечисленных моментов и может быть определен известными для специалистов способами.

Рабочий цикл предложенного РДВС, обеспечиваемый совместным вращением ротора 3, коленвала 4 и жидкостного запорного кольца 7, не зависит ни от избранного варианта подачи топлива и зажигания, ни от кинематической схемы формирования выходного крутящего момента и включает такты:

впуска топливной смеси или ее компонентов в камеры сгорания, как описано выше;

сжатия свежих зарядов топливной смеси (которое может быть отчасти совмещено с ее приготовлением, как описано выше);

воспламенения и сгорания сжатой топливной смеси с расширением продуктов сгорания и преобразованием части тепловой энергии в механическую энергию и

выпуска (выхлопа) отработавших газов в атмосферу.

Особенности рабочего цикла описанного РДВС можно уяснить из анализа индикаторной PV-диаграммы на фиг.9. Обозначения на ней имеют следующий смысл:

а - точка, соответствующая начальному объему заряда топливной смеси после завершения такта впуска;

с - точка, соответствующая конечному объему заряда топливной смеси после завершения такта сжатия;

z' - точка, соответствующая минимальному объему и максимальному давлению при зажигании заряда топливной смеси;

z - точка, соответствующая максимальному объему при максимальном постоянном давлении в начале адиабатического расширения продуктов сгорания;

b' - точка, соответствующая объему продуктов сгорания в момент начала такта сжатия (на изохоре с точкой "а");

b - точка, соответствующая максимальному объему и фактическому давлению отработавших газов в конце рабочего такта при расширении продуктов сгорания;

f - точка, соответствующая максимальному объему и минимальному давлению отработавших газов в конце рабочего такта (выхлоп);

Q' - теплота, подводимая при постоянном объеме к рабочему телу (заряду топливной смеси при ее воспламенении);

Q" - теплота, подводимая при постоянном давлении к рабочему телу (в ходе горения топливной смеси);

Q''' - теплота, отводимая от рабочего тела при постоянном объеме с отработавшими газами (на их выхлопе);

Q'''' - теплота, отводимая от рабочего тела при постоянном давлении (при продувке камер сгорания от отработавших газов);

ас - линия, соответствующая сжатию рабочего тела;

сz' - линия, характеризующая повышение давления рабочего тела в камерах сгорания при постоянном объеме вследствие выделения теплоты при сгорании топлива;

zz' - линия, соответствующая предварительному расширению рабочего тела при подводе теплоты при постоянном давлении в камерах сгорания;

zb - линия, соответствующая адиабатическому расширению продуктов сгорания;

bf - линия, соответствующая отводу теплоты рабочего тела во внешнюю среду при постоянном объеме (при выхлопе);

fa - линия, соответствующая отводу теплоты во внешнюю среду при постоянном давлении в ходе продувки камер сгорания.

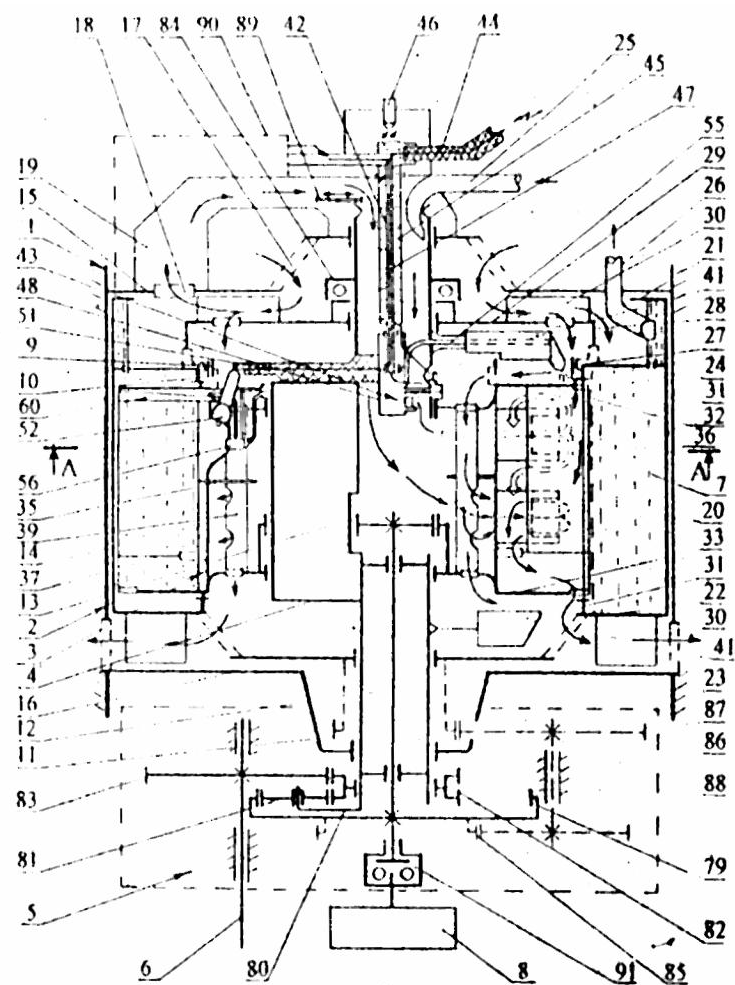
Действительно, на индикаторной диаграмме видно, что цикл работы предложенного роторного ДВС характеризуется "продолжительным" тактом расширения (см. крестообразно заштрихованный участок в "правой" части индикаторной диаграммы). Тем самым более полно утилизируется теплота продуктов сгорания с соответствующим повышением КПД.

Для остановки роторного ДВС прекращают подачу топлива. Соответственно, в камерах сгорания прекращается горение, а на роторе 3 исчезает полезный крутящий момент.

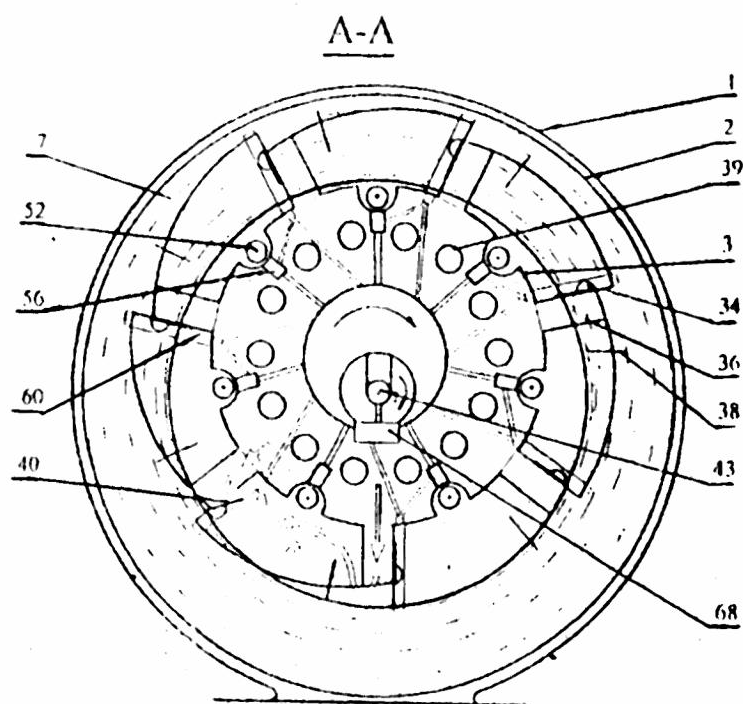
По мере торможения барабана 2 жидкостное запорное кольцо 7 теряет жесткость, уплотнительно-компрессионная жидкость вытекает из него в не показанный сборник для повторного использования при последующем запуске, при котором описанные процессы повторяются.

Предложенный РДВС может быть продуктом крупносерийного и массового производства,

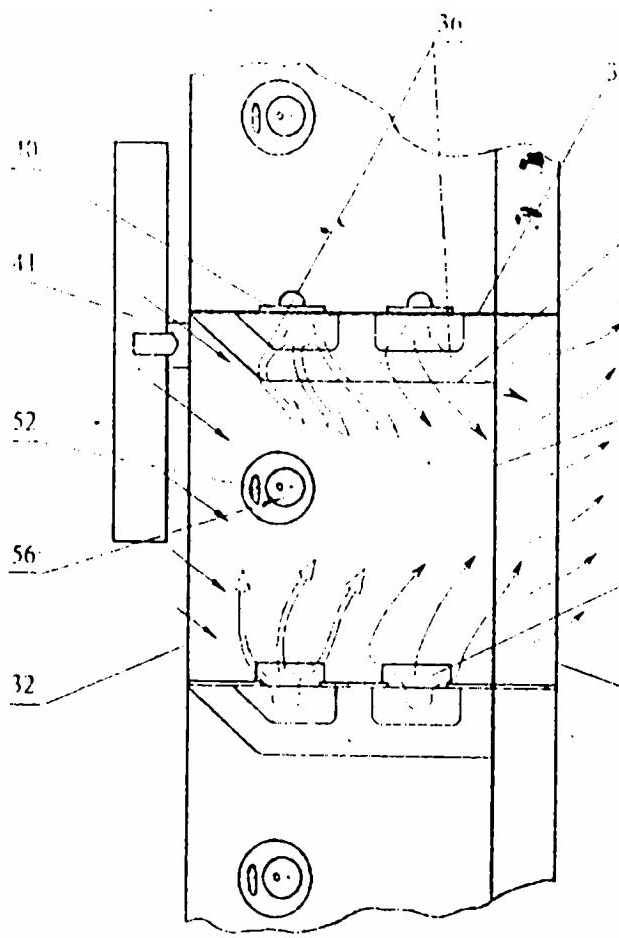
поскольку потребность в компактных имеющих высокую удельную мощность двигателях внутреннего сгорания для преимущественно малогабаритных транспортных средств в условиях все возрастающих требований к ресурсосбережению систематически возрастает.



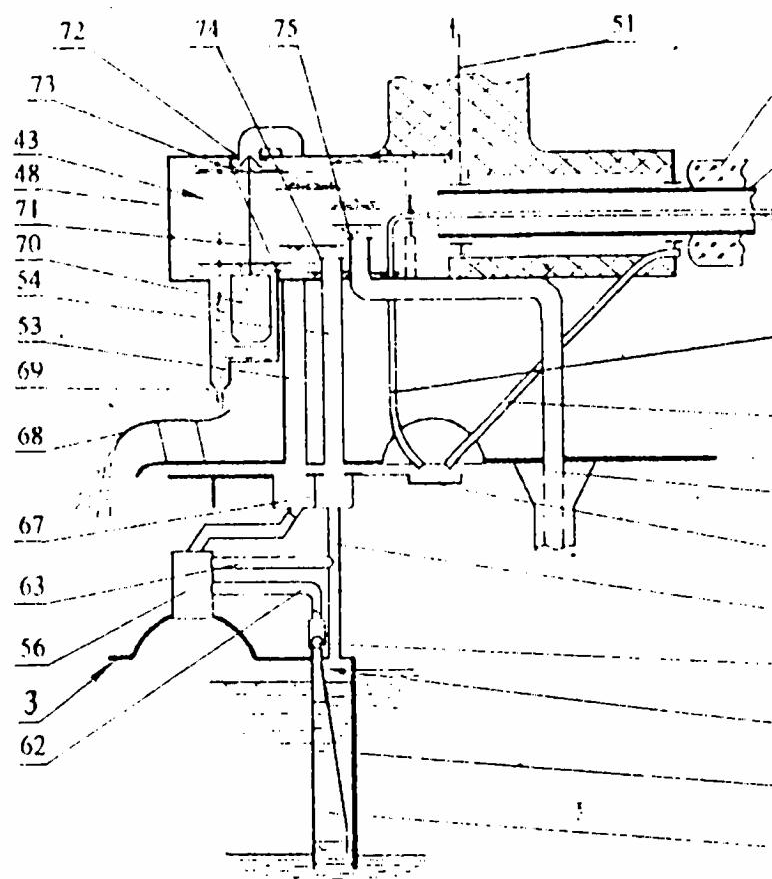
Фиг. 1



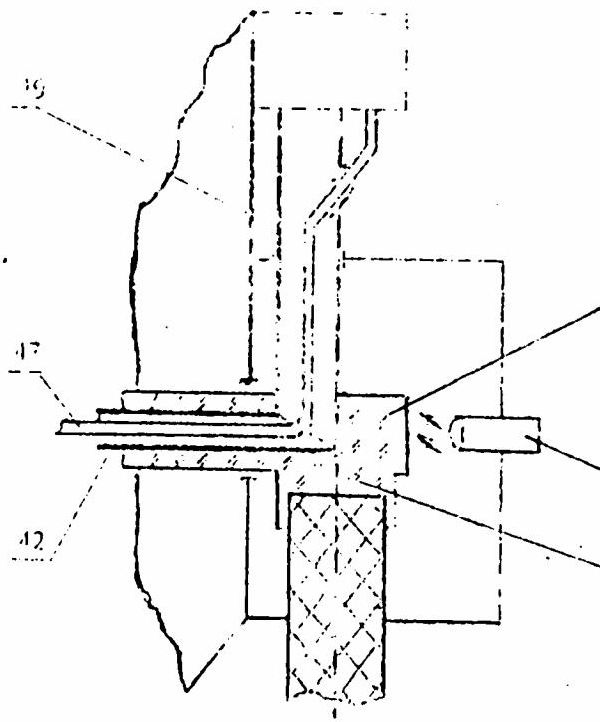
Фиг. 2



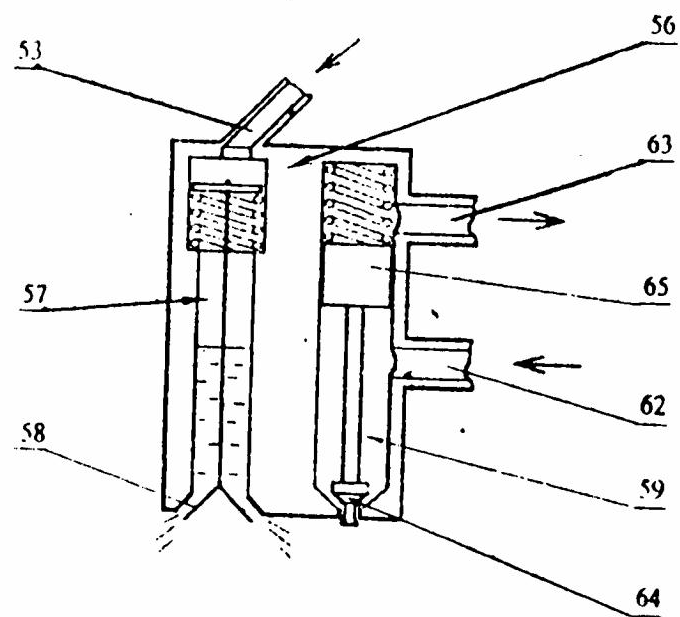
Фиг. 3



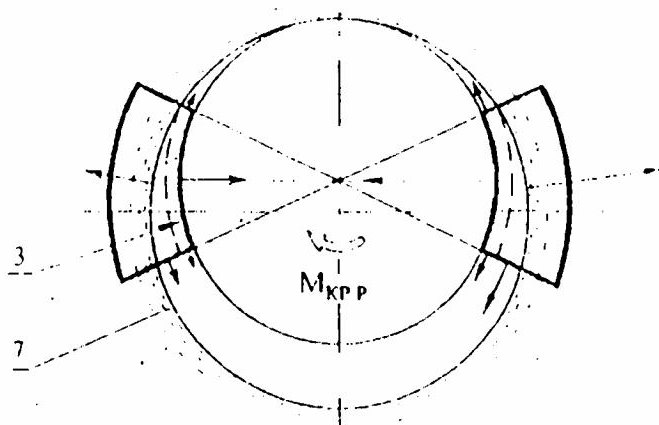
Фиг. 5



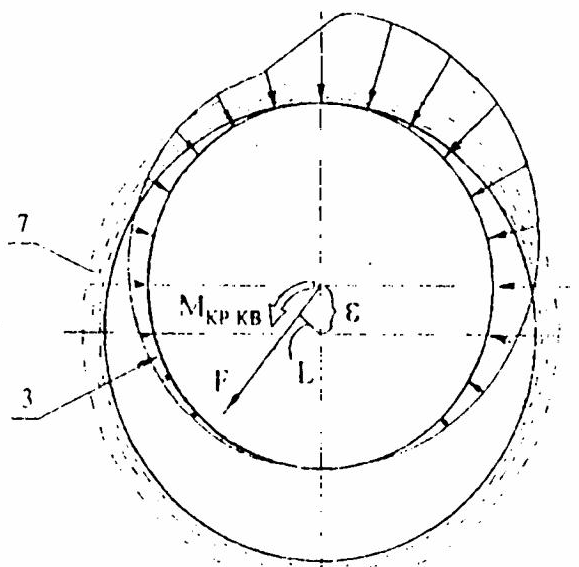
Фиг. 4



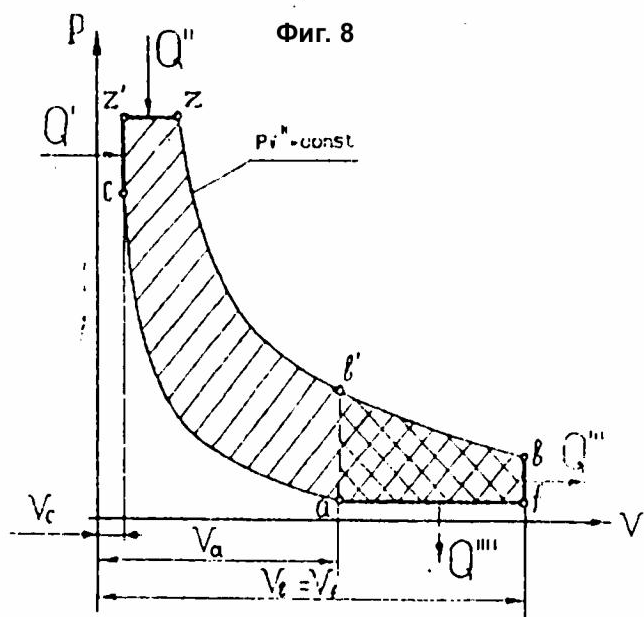
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9