

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 769 415** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

[F02B 75/24 \(2006.01\)](#)

[F02B 63/04 \(2006.01\)](#)

[F16F 15/24 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[F01B 1/10 \(2022.01\)](#)

[F01B 21/02 \(2022.01\)](#)

[F02B 63/042 \(2022.01\)](#)

[F02B 75/065 \(2022.01\)](#)

[F02B 75/24 \(2022.01\)](#)

[F16F 15/24 \(2022.01\)](#)

[F16F 15/26 \(2022.01\)](#)

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 31.03.2022)

(21)(22) Заявка: [2021117222](#), 27.11.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.11.2019

Дата регистрации:
31.03.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:;
27.11.2018 CZ PV 2018-653

(45) Опубликовано: [31.03.2022](#) Бюл. № [10](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2380543 C2, 27.01.2010. RU 142741 U1, 10.07.2014. DE 4206518 A1, 23.07.1992. JP H10141082 A, 26.05.1998. RU 2516040 C2, 20.05.2014. US 2017/0234214 A1, 17.08.2017.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 28.06.2021

(86) Заявка РСТ:
IB 2019/060163 (27.11.2019)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2020/109990 (04.06.2020)

Адрес для переписки:
197375, г. Санкт-Петербург, а/я 31,
Аверьянов Евгений Константинович

(72) Автор(ы):

КНОБ, Вацлав (CZ)

(73) Патентообладатель(и):

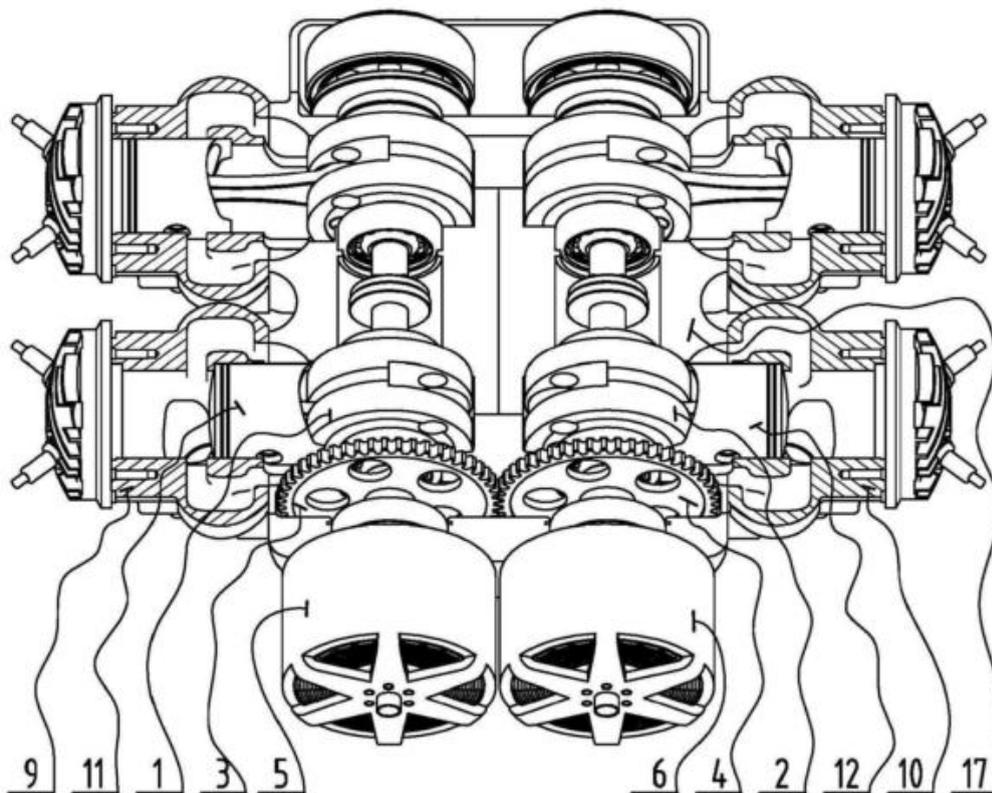
КНОБ, Вацлав (CZ)

(54) **ПОРШНЕВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ГЕНЕРАТОРОМ**

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в двигателях внутреннего сгорания. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором содержит по меньшей мере два цилиндра (9) и (10) с головками цилиндров, поршнями (11) и (12) с шатунами и два коленчатых вала (1) и (2). Два коленчатых вала (1) и (2) соединены шестернями (3) и (4) с передаточным числом 1:1, с противоположным направлением вращения. Первый коленчатый вал (1) с шестерней (3) и второй коленчатый вал (2) со второй шестерней (4) установлены параллельно в одном корпусе 17 двигателя так, что шестерни с передаточным числом 1:1 входят в зацепление. Первый коленчатый вал (1) соединен с первым ротором (5) генератора. Второй коленчатый вал (2) соединен со вторым ротором (6) генератора и/или маховиком. Момент инерции первого узла коленчатого вала (1) с первой шестерней (3) и первым ротором (5) генератора соответствует моменту инерции второго узла коленчатого вала (2) со второй шестерней (4) и вторым ротором (6) генератора и/или маховиком. Цилиндры (9) и (10) с поршнями (11) и (12) расположены перпендикулярно плоскости

симметрии между коленчатыми валами. Оси пары цилиндров лежат в одной плоскости. Оба поршня (11) и (12) находятся в верхней мертвой точке одновременно. Технический результат заключается в снижении нагрузки на шестерни, предотвращении резонанса и отказов. 5 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 5

Область техники

Настоящее изобретение относится к поршневому двигателю внутреннего сгорания с присоединенным генератором, содержащему двухцилиндровый двигатель или двигатель с несколькими парными цилиндрами, с двумя коленчатыми валами, для подзарядки аккумуляторов в транспортных средствах или самолетах, с минимизированной вибрацией во время работы, так называемая вспомогательная силовая установка.

Предпосылки создания изобретения

Для привода генератора используются поршневые двигатели внутреннего сгорания различных типов. Используются одно- и многоцилиндровые устройства. Практически различные двигатели могут быть соединены с генератором, поэтому обычно используют двигатели внутреннего сгорания на основе двигателей для приведения в действие других устройств. Обычно они имеют один коленчатый вал и приводят в действие один генератор. Эти конструкции, хотя и являются многоцилиндровыми и хорошо сбалансированы с точки зрения сил инерции, имеют крутильную вибрацию, которая вызывается отдельными событиями срабатывания зажигания в цилиндрах двигателя и немедленной реакцией блока цилиндров. Однако требования к современным приводам генераторов, в частности к типу вспомогательной силовой установки, например, для электромобилей или электрических самолетов, имеют особенности. К требованиям относятся, например, простота, небольшое количество цилиндров, малый вес, подходящие габаритные размеры и минимизированная вибрация. Идея использования двигателя с двумя коленчатыми валами или соединения двух двигателей является редкой в настоящее время. Примером может служить решение согласно DE 102014115042 A и DE 202018105331 U. В этих документах предусмотрены, в том числе, двигатели с двумя коленчатыми валами. Однако двигатель не идеально сбалансирован с точки зрения сил инерции, поскольку цилиндры расположены параллельно друг другу, и силы инерции кривошипно-шатунных механизмов не могут быть идеально сбалансированы.

Без использования ряда балансировочных валов можно уравновесить только 1-ю гармоническую составляющую сил инерции. Эта концепция с параллельными

цилиндрами предполагает высокий габарит и не соответствует требованию для самолета о низкой установочной высоте. Другим примером является решение согласно US 4331111. Двигатель предназначен для привода генератора переменного тока и воздушного винта, что является существенно разным назначением, но также направлено на снижение вибрации. Разница в том, что коленчатые валы вращаются в одну сторону, а не в противоположную. В этом случае, в отличие от заявленного решения, реактивные моменты отдельных двигателей при зажигании в цилиндрах взаимно не компенсируются, а складываются. Генератор и воздушный винт приводятся в движение коленчатыми валами через шестерни, которые изменяют направление и скорость вращения. Эти шестерни сильно нагружены и являются потенциальным источником резонансов и отказов.

Краткое содержание изобретения

Отмеченные выше недостатки в значительной степени устраняются, согласно предлагаемого решения, поршневым двигателем внутреннего сгорания с генератором и содержащим два цилиндра с головками цилиндров и поршнями с шатунами, два коленчатых вала или несколько их пар, соединенных шестернями с передаточным отношением 1:-1, означающем противоположное направление вращения. Решение состоит в том, что первый коленчатый вал с шестерней установлен параллельно второму коленчатому валу со второй шестерней в одном корпусе двигателя, так что шестерни включены с передаточным отношением 1:-1, первый коленчатый вал соединен с первым ротором генератора, второй коленчатый вал соединен со вторым ротором генератора или маховиком, причем момент инерции первого узла коленчатого вала с первой шестерней и первым ротором генератора соответствует моменту инерции второго узла коленчатого вала со второй шестерней и вторым ротором генератора или маховиком. Цилиндры с поршнями расположены перпендикулярно плоскости симметрии между коленчатыми валами, причем оси пары цилиндров лежат в плоскости, а оба поршня находятся в верхней мертвой точке одновременно.

Балансировка отдельных кривошипно-шатунных механизмов выполняется таким образом, что неуравновешенные вращающиеся массы кривошипно-шатунного механизма на 100% уравновешиваются балансировочными противовесами, и таким образом центробежные силы F_0 компенсируют друг друга. Массы кривошипно-шатунных механизмов, движущиеся возвратно-поступательно, остаются полностью неуравновешенными. Силы инерции F_s от возвратно-поступательных масс компенсируют друг друга за счет симметрично противоположного движения одинаковых возвратно-поступательных масс обоих кривошипно-шатунных механизмов в одной плоскости. Двигатель может быть выполнен с двухтактным или четырехтактным циклом. В четырехтактном двигателе рабочий цикл противоположных цилиндров может быть смещен на один оборот. Двигатель может содержать несколько пар противоположных цилиндров с симметричным расположением поршней и шатунов относительно плоскости симметрии между двумя коленчатыми валами, при этом рабочие циклы пар противоположных цилиндров сдвинуты по фазе.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором идеально соответствует требованиям современной вспомогательной силовой установки для электромобилей и самолетов. Это простое и недорогое решение, состоящее всего из двух цилиндров, которое полностью сбалансировано с точки зрения сил и моментов инерции. Вращающиеся массы на кривошипно-шатунных механизмах на 100% сбалансированы, а силы инерции от возвратно-поступательных масс компенсируют друг друга из-за симметричного противоположного движения одинаковых возвратно-поступательных масс двух кривошипных механизмов.

Благодаря тому, что поршни с шатунами движутся в одной плоскости, не возникает момент от действующих сил инерции. При замене шатунов с двумя опорными точками необходимо учитывать дополнительный момент инерции шатуна. В этом случае эти моменты шатуна также компенсируют друг друга при симметричном движении шатунов в одной плоскости.

Поскольку моменты инерции одинаковы для обоих вращающихся валов в противоположном направлении, и поскольку валы идеально синхронизированы шестернями, все моменты, вызванные неравномерностью движения поршневого двигателя, также полностью устраняются. Таким образом, на опоры двигателя не передаются никакие силы или моменты и вся конструкция полностью нейтральна. Двигатель не испытывает вибраций в опорах ни при пуске, ни при остановке, ни при работе на малых оборотах. Таким образом, в самолете с электрическим приводом

никакая вибрация не передается на конструкцию самолета, даже тогда, когда двигатель запускается или останавливается, и, таким образом, никакая чувствительная работа, например, съемка и фотографирование, не может быть нарушена. Компоновка двигателя выгодна для установки из-за малого габарита высоты и поэтому двигатель может быть расположен, например, под полом транспортного средства. Кроме того, в самолетах плоская конструкция предпочтительна для наиболее распространенных типов установок двигателей внутреннего сгорания. При одновременном зажигании в обоих цилиндрах силы, передаваемые на кривошипно-шатунные механизмы, и их ускорения для обоих равны, поэтому шестерни, соединяющие коленчатые валы, будут нагружены в минимальной степени. Наиболее предпочтительной конструкцией является использование двух одинаковых генераторов на обоих коленчатых валах, и тогда шестерни будут иметь только синхронизирующий эффект. Такое расположение также выгодно, поскольку два генератора могут иметь меньший диаметр и не увеличивают габарит высоты двигателя. В качестве альтернативы, если используются два генератора, также может быть использована возможность электрического отсоединения одного генератора в случае его выхода из строя. Если используется только один генератор, а на другом валу находится только маховик, то шестерни также будут передавать полезную мощность от вала маховика. Даже в этом случае нагрузка, приложенная к зубчатой передаче, будет вполне благоприятной. Преимущество также состоит в том, что двигатель можно относительно быстро и легко освоить в производстве, используя компоненты современных одноцилиндровых двигателей.

Краткое описание чертежей

Поршневой двигатель внутреннего сгорания согласно настоящему изобретению будет описан более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Фиг. 1 - поперечное сечение поршневого двигателя внутреннего сгорания с двумя цилиндрами с головками цилиндров и поршнями с шатунами и двумя коленчатыми валами, соединенными шестернями с передаточным отношением 1:-1, что означает с противоположным направлением вращения. Первый коленчатый вал с шестерней установлен параллельно второму коленчатому валу со второй шестерней в одном корпусе двигателя так, что шестерни 1:-1 находятся в зацеплении. Первый коленчатый вал соединен с первым ротором генератора, а второй коленчатый вал соединен со вторым ротором генератора. Цилиндры с поршнями расположены перпендикулярно плоскости симметрии между коленчатыми валами, а оси пары цилиндров лежат в этой плоскости. Оба поршня находятся в верхней мертвой точке одновременно. Двигатель имеет двухтактный цикл.

Фиг. 2 - поперечное сечение поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором и в компоновке подобной представленной на Фиг. 1, но с четырехтактным циклом.

Фиг. 3 представляет собой вид в аксонометрической проекции с частичным поперечным сечением поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором и аналогичным показанному на Фиг. 1. Отличие состоит в том, что двигатель имеет только один ротор генератора на одном коленчатом валу, а другой коленчатый вал содержит маховик. Из-за диаметров ротора генератора и маховика, превышающих расстояние между коленчатыми валами, ротор генератора смещен в осевом направлении относительно маховика.

Фиг. 4 представляет собой вид в аксонометрической проекции с частичным поперечным сечением поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором и аналогичным показанному на Фиг. 1. Отличие состоит в том, что один ротор генератора расположен на переднем конце первого коленчатого вала, а другой ротор генератора расположен на заднем конце второго коленчатого вала. Роторы имеют большой внешний диаметр, но при таком расположении они не мешают друг другу.

Фиг. 5 - вид в аксонометрической с частичным разрезом поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором, с двухтактным циклом и двумя парами противоположных цилиндров. Передняя пара противоположных цилиндров имеет рабочий цикл, смещенный на 180° от задней парой противоположных цилиндров. Коленчатые валы оснащены одинаковыми генераторами на переднем конце.

Подробное описание изобретения

Пример осуществления поршневого двигателя внутреннего сгорания, представленного на Фиг. 1, содержит два цилиндра 9 и 10 с головками 13 и 14 цилиндров и поршнями 11 и 12 с шатунами 7 и 8 и два коленчатых вала 1 и 2, которые соединены между собой шестернями 3 и 4 с передаточным отношением 1:-1, то есть с противоположным направлением вращения. Первый коленчатый вал 1 с шестерней 3

установлен параллельно второму коленчатому валу 2 со второй шестерней 4 в одном корпусе 17 двигателя так, что шестерни входят в зацепление. Первый коленчатый вал 1 соединен с первым ротором 5 генератора, а второй коленчатый вал 2 соединен со вторым ротором 6 генератора. Момент инерции первого узла коленчатого вала 1 с первой шестерней 3 и первым ротором 5 генератора соответствует моменту инерции второго узла коленчатого вала 2 со второй шестерней 4 и вторым ротором 6 генератора. Цилиндры 9 и 10 с поршнями 11 и 12 расположены перпендикулярно плоскости 20 симметрии между коленчатыми валами, при этом оси пары цилиндров лежат в одной плоскости, а оба поршня 11 и 12 находятся в верхней мертвой точке одновременно. Двигатель имеет двухтактный цикл.

Пример осуществления поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором на Фиг. 2 основан на варианте реализации, показанном на Фиг. 1, но двигатель имеет четырехтактный цикл. Поршни 11 и 12 одновременно расположены в верхней мертвой точке, и воспламенение происходит в обоих цилиндрах одновременно.

Пример осуществления поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором на Фиг. 3 основан на варианте реализации, показанном на Фиг. 1. Первый ротор 5 генератора имеет большие размеры и установлен на первом коленчатом валу 1, а маховик 18 установлен на втором коленчатом валу 2. Для того, чтобы избежать пересечения, ротор 5 генератора и маховик 18 смещены относительно друг к друга в осевом направлении.

Пример осуществления поршневого двигателя внутреннего сгорания с генератором, показанный на Фиг. 4, основан на варианте реализации, показанном на Фиг. 1. Первый ротор 5 генератора установлен на передней части первого коленчатого вала 1, а второй ротор 6 генератора установлен на задней части второго коленчатого вала 2. Роторы 5 и 6 генератора имеют большой наружный диаметр, но при таком расположении они не мешают друг другу.

Пример осуществления поршневого двигателя внутреннего сгорания на Фиг. 5 основан на варианте реализации, показанном на Фиг. 1. Двигатель отличается наличием двух пар противоположных цилиндров 9 и 10. Передняя пара противоположных цилиндров имеет рабочий цикл, смещенный на 180° от рабочего цикла задней пары противоположных цилиндров.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором работает следующим образом. В корпусе 17 двигателя первый коленчатый вал 1 с первой шестерней 3 и первым ротором 5 генератора и второй коленчатый вал 2 со второй шестерней 4 и вторым ротором 6 генератора вращаются в противоположных направлениях и с одинаковой скоростью за счет шестерен 3 и 4 с передаточным отношением 1:-1. Первый поршень 11 и второй поршень 12 движутся симметрично относительно плоскости симметрии 20 двигателя так, что они всегда одновременно находятся в верхней мертвой точке. Таким образом, ускорение возвратно-поступательных масс первого поршня 11 и второго поршня 12 одинаковы, но противоположны по направлению и при равных массах силы инерции F_s полностью нейтрализуют друг друга. При замене шатуна с двумя опорными точками необходимо также учитывать дополнительный момент инерции первого шатуна 7 и второго шатуна 8. Если шатуны одинаковы, эти моменты также будут одинаковыми, но противоположными и, таким образом, полностью компенсируются. Поскольку оси первого цилиндра 9 и второго цилиндра 10 находятся в одной плоскости, силы инерции не создают момента. Балансировка вращающихся масс на первом коленчатом валу 1 и на втором коленчатом валу 2 выполняется таким образом, что неуравновешенные вращательные массы на 100% компенсируются балансируемыми противовесами 15 и 16 и центробежные силы F_0 , таким образом, также устраняют друг друга. В результате зажигания в первом цилиндре 9 и во втором цилиндре 10 крутящий момент передается на роторы 5 и 6 генератора. Поскольку коленчатые валы 1 и 2 синхронизируются шестернями 3 и 4, их угловые ускорения одинаковы, но противоположны по направлению. Поскольку момент инерции первого узла коленчатого вала 1 с первой шестерней 3 и первым ротором генератора 5 равен моменту инерции второго узла коленчатого вала 2 со второй шестерней 4 и вторым ротором генератора 6, реактивные моменты имеет ту же величину, но противоположное направление, и, поэтому, результирующая реакция на блок двигателя полностью устраняется. Таким образом, во время работы поршневой двигатель внутреннего сгорания не передает на свои опоры никаких сил или моментов, кроме своего веса. В двухтактном двигателе в первом цилиндре 9 и втором цилиндре 10 зажигание происходит одновременно. Причем, если нагрузочное сопротивление роторов 5 и 6 генераторов одинаково, нагрузка первой шестерни 3 и

второй шестерни 4 будет минимальна. Функция шестерен 3 и 4 будет заключаться только в синхронизации. Компенсируется лишь незначительная разница, связанная с возможным различием процессов сгорания в первом цилиндре 9 и во втором цилиндре 10.

В четырехтактном двигателе в первом цилиндре 9 и втором цилиндре 10 возможно одновременное зажигание или поочередное зажигание, когда рабочие циклы сдвинуты на 360° . В случае поочередного зажигания работа генераторов более плавная, но нагрузка на шестерни 3 и 4 значительна, поскольку активный коленчатый вал 1 должен ускорять другой неактивный коленчатый вал 2 и наоборот.

В варианте осуществления двигателя, в котором первый ротор 5 генератора находится на первом коленчатом валу 1, а маховик 18 - на втором коленчатом валу 2, шестерни 3 и 4 будут передавать мощность от второго коленчатого вала 2 на коленчатый вал 1. Однако в случае одновременного зажигания в цилиндрах 9 и 10 нагрузка на шестерни 3 и 4 будет относительно благоприятна. Преимущество может заключаться в использовании лишь одного генератора.

Если двигатель имеет несколько пар противоположных цилиндров 9 и 10, его работа аналогична работе двухцилиндрового варианта. Рабочие циклы различных пар цилиндров 9 и 10 могут быть сдвинуты по фазе и тогда работа роторов 5 и 6 генераторов будет более плавной, а выходная мощность - выше.

Промышленная применимость

Поршневой двигатель внутреннего сгорания по настоящему изобретению находит применение в качестве вспомогательной силовой установки генератора для современных электромобилей и самолетов.

Формула изобретения

1. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором, содержащий по меньшей мере два цилиндра (9) и (10) с головками (13) и (14) цилиндров и поршнями (11) и (12) с шатунами (7) и (8) и два коленчатых вала (1) и (2), которые соединены шестернями (3) и (4) с передаточным числом 1:1, то есть с противоположным направлением вращения, отличающийся тем, что

первый коленчатый вал (1) с шестерней (3) и второй коленчатый вал (2) со второй шестерней (4) установлены параллельно в одном корпусе 17 двигателя так, что шестерни с передаточным числом 1:1 входят в зацепление,

первый коленчатый вал (1) соединен с первым ротором (5) генератора, а второй коленчатый вал (2) соединен со вторым ротором (6) генератора и/или маховиком (18),

при этом момент инерции первого узла коленчатого вала (1) с первой шестерней (3) и первым ротором (5) генератора соответствует моменту инерции второго узла коленчатого вала (2) со второй шестерней (4) и вторым ротором (6) генератора и/или маховиком (18),

цилиндры (9) и (10) с поршнями (11) и (12) расположены перпендикулярно плоскости симметрии (20) между коленчатыми валами,

при этом оси пары цилиндров лежат в одной плоскости, а оба поршня (11) и (12) находятся в верхней мертвой точке одновременно.

2. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором по п. 1, отличающийся тем, что балансировка кривошипно-шатунных механизмов выполнена таким образом, что неуравновешенные вращающиеся массы кривошипно-шатунных механизмов на 100% уравниваются балансировочными противовесами (15) и (16) и, таким образом, центробежные силы F_0 компенсируют друг друга, при этом возвратно-поступательные массы кривошипных механизмов остаются полностью неуравновешенными, а силы инерции F_s от возвратно-поступательных масс компенсируют друг друга за счет симметрично противоположного движения одинаковых возвратно-поступательных масс обоих кривошипно-шатунных механизмов в одной плоскости.

3. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором по п. 1, отличающийся тем, что в двигателе используется двухтактный цикл.

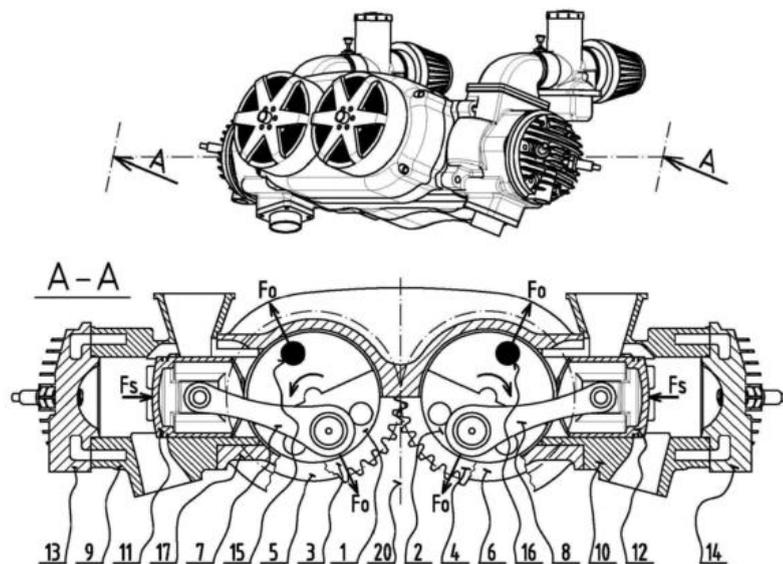
4. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором по п. 1, отличающийся тем, что в двигателе используется четырехтактный цикл.

5. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором по п. 4, отличающийся тем, что рабочий цикл противоположных цилиндров смещен на один оборот.

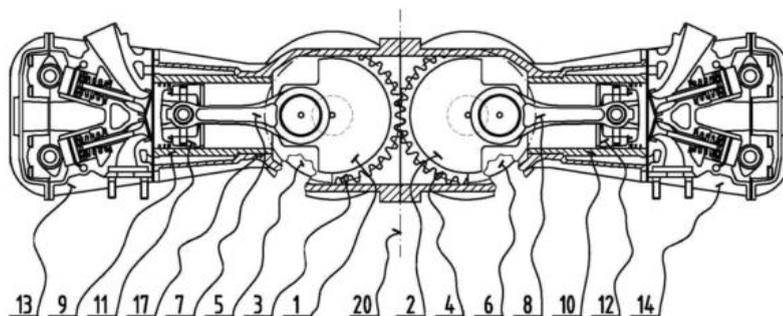
6. Поршневой двигатель внутреннего сгорания с генератором по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что двигатель содержит несколько

противоположных пар цилиндров (9, 10) с симметричным расположением поршней (11, 12) и шатунов (7, 8) относительно плоскости симметрии (20) между двумя коленчатыми валами (1, 2), с возможностью сдвига по фазе рабочих циклов пар противоположных цилиндров.

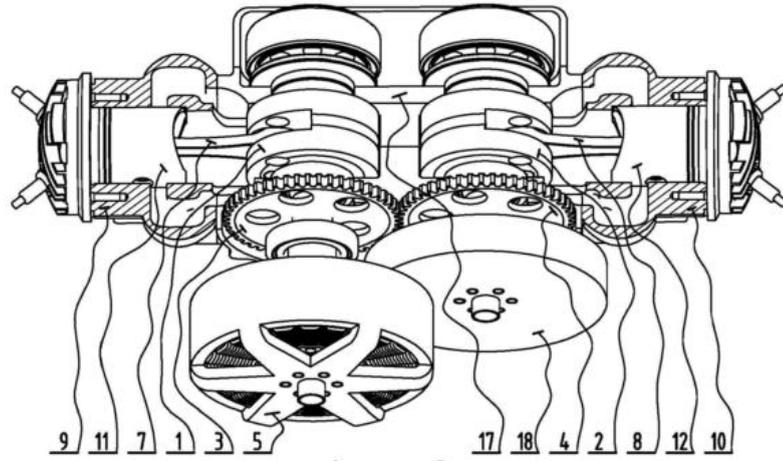
1/3



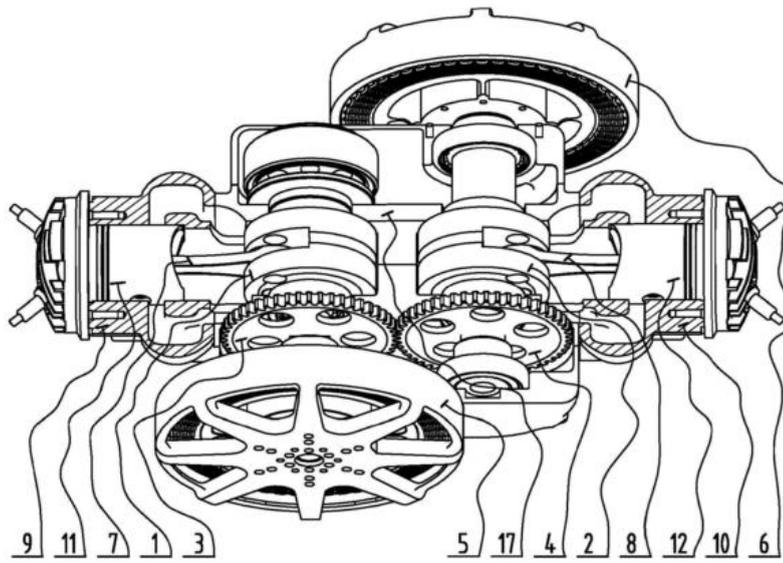
Фиг. 1



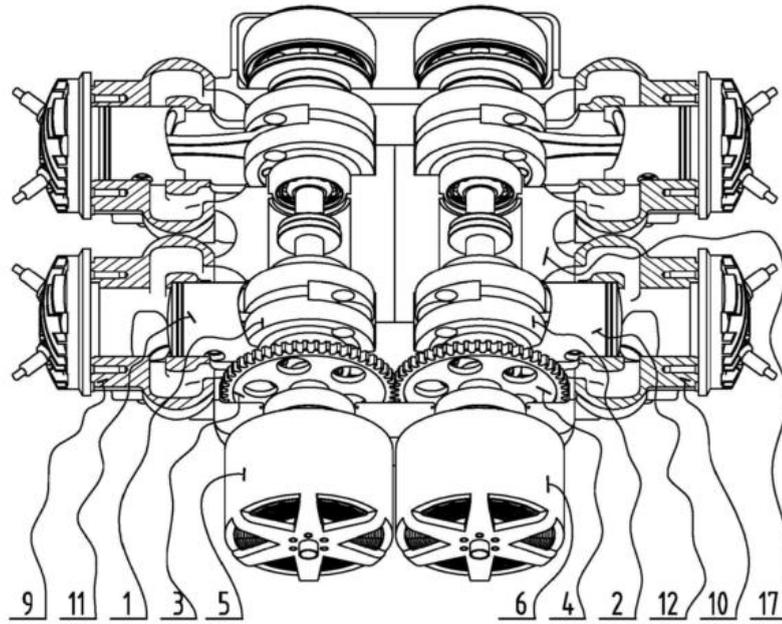
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5