

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045812**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.12.28

(21) Номер заявки
202292039

(22) Дата подачи заявки
2022.08.03

(51) Int. Cl. **F02M 51/06** (2006.01)
F02M 61/10 (2006.01)
F02M 61/18 (2006.01)
F02D 41/20 (2006.01)
F02D 41/26 (2006.01)

(54) **СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКОЙ**

(31) **17/396,356**

(32) **2021.08.06**

(33) **US**

(43) **2023.02.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ТРАНСПОРТЕЙШН АйПи
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)**

(72) Изобретатель:

**Салазар Виктор Мануэль, Клингбейл
Адам Эдгар, Оттиккутти Прадхипрам
(US)**

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) **US-A1-20190186448
US-A1-20190145340
RU-C1-2745692
RU-C2-2712548
SU-A1-1344931
SU-A1-1300182**

(57) Узел многотопливной форсунки в одном варианте осуществления содержит первый узел топливной форсунки для подачи первого типа топлива и вторую систему подачи топлива для подачи второго типа топлива. Первый узел топливной форсунки содержит первое сопло, по меньшей мере одну первую иглу и по меньшей мере один первый исполнительный механизм, выполненный с возможностью перемещения по меньшей мере одной первой иглы. По меньшей мере один первый исполнительный механизм перемещает по меньшей мере одну первую иглу в первую конфигурацию подачи топлива, которая соответствует первому составу топливной смеси, и во вторую конфигурацию подачи топлива, которая соответствует второму составу топливной смеси.

B1

045812

045812

B1

Ссылки на предшествующие заявки

Заявка на данное изобретение является частичным продолжением и испрашивает приоритет заявки на патент США № 16/380,727, озаглавленной "Systems and Methods for Fuel Injector Control", поданной 10 апреля 2019 г., которая, в свою очередь, является продолжением и испрашивает приоритет заявки на патент США № 15/197,038, озаглавленной "Systems and Methods for Fuel Injector Control", поданной 29 июня 2016 г. Полное содержание заявки № 15/197,038 и заявки № 16/380,727 включено в настоящий документ во всей своей полноте посредством ссылки.

Уровень техники

В двигателях, таких как двигатели внутреннего сгорания, может использоваться поршень, совершающий возвратно-поступательное движение в цилиндре. В различных двигателях с непосредственным впрыском топливно-воздушная смесь для сгорания может воспламеняться от искры, от предварительного впрыска дизельного топлива или от другого источника воспламенения (например, лазера, плазмы и т.д.). Однако начальная скорость, с которой энергия топлива высвобождается в цилиндре, может быть выше желаемой, что приводит к высокой скорости нарастания давления, что из-за конструктивных ограничений (например, пикового предела давления в цилиндре) может ограничивать работу двигателя для высоких нагрузок.

Краткое описание

В одном варианте осуществления предоставлен узел топливной форсунки, который содержит сопло, по меньшей мере одну иглу и по меньшей мере один исполнительный механизм. Сопло содержит по меньшей мере одну полость, сообщающуюся по текучей среде с сопловыми отверстиями. По меньшей мере одна игла расположена с возможностью перемещения внутри по меньшей мере одной полости и препятствует течению через сопловые отверстия в закрытом положении. По меньшей мере один исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения по меньшей мере одной иглы внутри полости. По меньшей мере один исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения по меньшей мере одной иглы по меньшей мере в первую конфигурацию подачи топлива и вторую конфигурацию подачи топлива (например, в разные времена цикла сгорания). Первое количество топлива подается через сопловые отверстия (например, при первой скорости подачи топлива) с помощью по меньшей мере одной иглы в первой конфигурации подачи топлива, а второе количество топлива подается через сопловые отверстия с помощью по меньшей мере одной иглы во второй конфигурации подачи топлива (например, при второй скорости подачи топлива).

В другом варианте осуществления предоставлен способ, который включает перемещение с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма по меньшей мере одной иглы внутри по меньшей мере одной полости сопла из закрытого положения в первую конфигурацию подачи топлива для подачи первого количества топлива (например, при первой скорости подачи топлива) в первой конфигурации подачи топлива через отверстия сопла в цилиндр. Предотвращается протекание текучей среды через отверстия сопла в закрытом положении. Способ также включает перемещение с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма по меньшей мере одной иглы внутри по меньшей мере одной полости из первой конфигурации подачи топлива во вторую конфигурацию подачи топлива для подачи второго количества топлива при второй скорости подачи топлива через отверстия.

В другом варианте осуществления предоставлена система двигателя, которая содержит цилиндр двигателя, узел топливной форсунки и по меньшей мере один процессор. Узел топливной форсунки выполнен с возможностью подачи топлива в цилиндр и содержит сопло, по меньшей мере одну иглу и по меньшей мере один исполнительный механизм. Сопло содержит по меньшей мере одну полость, сообщающуюся по текучей среде с сопловыми отверстиями. По меньшей мере одна игла расположена с возможностью перемещения внутри по меньшей мере одной полости и препятствует течению через сопловые отверстия в закрытом положении. По меньшей мере один исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения по меньшей мере одной иглы внутри полости. По меньшей мере один исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения по меньшей мере одной иглы в по меньшей мере первую конфигурацию подачи топлива и вторую конфигурацию подачи топлива. (Можно отметить, что в различных вариантах осуществления могут использоваться дополнительные конфигурации подачи топлива.) Первое количество топлива подается через сопловые отверстия при первой скорости подачи топлива с помощью по меньшей мере одной иглы в первой конфигурации подачи топлива, а второе количество топлива подается через сопловые отверстия при второй скорости подачи топлива с помощью по меньшей мере одной иглы во второй конфигурации подачи топлива. По меньшей мере один процессор функционально соединен с по меньшей мере одним исполнительным механизмом и выполнен с возможностью управления исполнительным механизмом для перемещения по меньшей мере одной иглы между закрытым положением, первой конфигурацией подачи топлива и второй конфигурацией подачи топлива.

Краткое описание графических материалов

Фиг. 1 представляет собой схематическую блок-схему системы двигателя в соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 2А иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 1 в закрытом положении.

Фиг. 2В иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 1 в первой конфигурации

подачи топлива.

Фиг. 2С иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 1 во второй конфигурации подачи топлива.

Фиг. 3 иллюстрирует общий вид сверху узла топливной форсунки в соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 4А иллюстрирует узел топливной форсунки в закрытом положении соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 4В иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 4А в первой конфигурации подачи топлива.

Фиг. 4С иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 4А-4В во второй конфигурации подачи топлива.

Фиг. 5А иллюстрирует узел топливной форсунки в закрытом положении соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 5В иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 5А в первой конфигурации подачи топлива.

Фиг. 5С иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 5А, 5В во второй конфигурации подачи топлива.

Фиг. 6А иллюстрирует узел топливной форсунки в закрытом положении соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 6В иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 6А в первой конфигурации подачи топлива.

Фиг. 6С иллюстрирует узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 6А, 6В во второй конфигурации подачи топлива.

Фиг. 7 представляет блок-схему способа работы двигателя в соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 8 представляет собой схематическую блок-схему узла многотопливной форсунки в соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 9 представляет собой схематическую блок-схему системы двигателя в соответствии с различными вариантами осуществления.

Фиг. 10 представляет блок-схему способа работы двигателя в соответствии с различными вариантами осуществления.

Подробное описание

Различные варианты осуществления будут лучше понятны при чтении вместе с приложенными графическими материалами. В той мере, в какой фигуры иллюстрируют схемы функциональных блоков различных вариантов осуществления, функциональные блоки необязательно указывают на разделение аппаратных схем. Таким образом, например, один или большее количество функциональных блоков (например, процессоры, контроллеры или запоминающие устройства) могут быть реализованы в одном аппаратном средстве (например, сигнальный процессор общего назначения или оперативное запоминающее устройство, жесткий диск и т.п.) или нескольких деталях аппаратного средства. Аналогично, любые программы могут быть автономными программами, могут быть включены в качестве подпрограмм в операционную систему, могут быть функциями в установленном программном пакете и т.п. Следует понимать, что различные варианты осуществления не ограничиваются компоновками и инструментами, показанными на графических материалах.

Используемые в настоящем документе термины "система", "узел" или "модуль" могут включать аппаратную и/или программную систему, которая работает для выполнения одной или большего количества функций. Например, модуль, узел или система могут содержать компьютерный процессор, контроллер или другое логическое устройство, которое выполняет операции на основе инструкций, хранящихся на материальном и энергонезависимом машиночитаемом носителе данных, таком как запоминающее устройство компьютера. В качестве альтернативы модуль, узел или система могут содержать аппаратное устройство, которое выполняет операции на основе аппаратной логики устройства. Модули или узлы, показанные на прилагаемых фигурах, могут представлять собой аппаратное обеспечение, работающее на основе программного обеспечения или аппаратно запрограммированных инструкций, программное обеспечение, управляющее аппаратным обеспечением для выполнения операций, или их комбинацию. Аппаратное обеспечение может содержать электронные схемы, которые содержат и/или подключены к одному или большему количеству логических устройств, таких как микропроцессоры, процессоры, контроллеры и т.п. Эти устройства могут быть готовыми устройствами, которые соответствующим образом запрограммированы или проинструктированы для выполнения операций, описанных в настоящем документе, из инструкций, описанных выше. Дополнительно или в качестве альтернативы одно или большее количество из этих устройств могут быть жестко связаны с логическими схемами для выполнения этих операций.

Используемый в настоящем документе элемент или этап, приведенный в единственном числе, следует понимать как не исключаящий множественное число указанных элементов или этапов, если только

такое исключение не указано явно. Кроме того, ссылки на "один вариант осуществления" не должны интерпретироваться как исключающие существование дополнительных вариантов осуществления, которые также включают перечисленные признаки. Более того, если явно не указано иное, варианты осуществления, "содержащие" или "имеющие" элемент или совокупность элементов, обладающих конкретным свойством, могут содержать дополнительные такие элементы, не обладающие этим свойством.

В целом, различные варианты осуществления обеспечивают, например, формирование скорости, с которой высвобождается энергия топлива в одном или большем количестве цилиндров двигателя внутреннего сгорания, путем управления скоростью, с которой масса топлива непосредственно впрыскивается одной или большим количеством топливных форсунок. Различные комбинации игл, полостей и исполнительных механизмов используются в различных вариантах осуществления для обеспечения двух или большего количества конфигураций подачи топлива (например, первая конфигурация подачи топлива для подачи топлива в меньшем количестве или с меньшей скоростью, и вторая конфигурация подачи топлива для подачи топлива в большем количестве или с большей скоростью). В различных вариантах осуществления первая конфигурация подачи топлива используется для обеспечения меньшего количества топлива во время начальной фазы процесса впрыска для поддержания количества высвобождаемой энергии и соответствующих скоростей повышения давления в пределах желаемых рабочих уровней в соответствии со скоростью и нагрузки двигателя. Кроме того, скорость впрыска в различных вариантах осуществления изменяется на протяжении всего процесса впрыска, например, для достижения лучшего фазирования сгорания, поддержания под управлением скоростью повышения давления и оптимизации общих характеристик двигателя и выбросов.

По меньшей мере один технический эффект различных вариантов осуществления включает улучшенное управление скоростями повышения давления и пиковыми давлениями в цилиндрах. По меньшей мере один технический эффект различных вариантов осуществления включает улучшенное фазирование сгорания, производительность двигателя и/или уровни выбросов. По меньшей мере один технический эффект различных вариантов осуществления включает упрощение конструктивных требований за счет обеспечения аналогичных или лучших характеристик двигателя при более низком давлении в цилиндрах. По меньшей мере один технический эффект различных вариантов осуществления включает повышение надежности и долговечности и/или снижение стоимости жизненного цикла (например, благодаря работе двигателя при более низких давлениях в цилиндрах и/или скоростях повышения давления). По меньшей мере один технический эффект различных вариантов осуществления включает снижение выбросов (например, благодаря улучшенному фазированию сгорания и/или уменьшенному давлению в цилиндре).

Фиг. 1 представляет собой схематическую блок-схему системы 100 двигателя, выполненную в соответствии с различными вариантами осуществления. Как видно на фиг. 1, изображенная система 100 двигателя содержит цилиндр 110, блок 120 обработки данных и узел 130 топливной форсунки. В целом, узел 130 топливной форсунки подает топливо в цилиндр 110 для сгорания, чтобы обеспечить выходную мощность на коленчатом валу (путем поворота коленчатого вала 190). В проиллюстрированном варианте осуществления впускной поток 101 воздуха подается в камеру 112 сгорания цилиндра 110 через впускной клапан 102 и сгорает вместе с топливом из узла 130 топливной форсунки. После сгорания впускной поток 103 отводится из камеры 112 сгорания через впускной клапан 104. Сгорание в камере 112 сгорания производит механическую работу, которая приводит в движение поршень 114 с возвратно-поступательным движением для вращения коленчатого вала 190. Узел 130 топливной форсунки содержит сопло 140, через которое топливные струи 105 подают топливо в камеру 112 сгорания, при этом количеством топлива управляют путем перемещения исполнительного механизма 160 узла 130 топливной форсунки. Используемый в настоящем документе объем топлива, обеспечиваемый или подаваемый в камеру 112 сгорания, может пониматься как скорость подачи топлива или объем или масса топлива в единицу времени. В целом, блок 120 обработки данных управляет различными аспектами системы 100 двигателя, чтобы управлять количеством топлива и воздуха, подаваемых в камеру 112 сгорания, а также время подачи топлива и воздуха в камеру 112 сгорания. Например, изображенный блок 120 обработки данных передает управляющие или движущие сигналы для управления исполнительным механизмом 160 для синхронизации подачи топлива/топлив с перемещениями впускного клапана 102 и выпускного клапана 104. Следует отметить, что различные варианты осуществления могут включать дополнительные компоненты (например, дополнительные цилиндры или другие компоненты двигателя) или могут не включать все компоненты, показанные на фиг. 1. Кроме того, можно отметить, что определенные аспекты системы 100, показанные в виде отдельных блоков на фиг. 1, могут быть включены в единый физический объект, и/или аспекты, показанные в виде единого блока на фиг. 1, могут совместно использоваться или разделяться между двумя или более физическими объектами. Следует отметить, что для двухтопливных двигателей часть топлива может подаваться с наддувом впускного воздуха.

Узел 130 топливной форсунки, описанный в настоящем документе, выполнен с возможностью подачи топлива в цилиндр 110. На фиг. 2А-2С предоставлен увеличенный вид узла 130 топливной форсунки в различных конфигурациях подачи топлива - фиг. 2А иллюстрирует узел 130 топливной форсунки в закрытом положении 210, фиг. 2В иллюстрирует узел 130 топливной форсунки в первой конфигурации 220 подачи топлива, и фиг. 2С иллюстрирует узел 130 топливной форсунки во второй конфигу-

рации 230 подачи топлива. Как видно на фиг. 1, 2А-2С, показанный узел 130 топливной форсунки содержит сопло 140, иглу 150 и исполнительный механизм 160. Хотя на фиг. 1, 2А-2С изображены только одно сопло, одна игла, одна полость и один исполнительный механизм, можно отметить, что в различных вариантах осуществления, как описано в настоящем документе, могут использоваться два или большее количество сопел, игл, полостей и/или исполнительных механизмов.

Как лучше всего видно на фиг. 2А-2С, сопло 140 содержит полость 142 и сопловые отверстия 144. Игла 150 расположена с возможностью перемещения внутри полости 142, при этом игла 150 препятствует потоку через сопловые отверстия 144 в закрытом положении 210 (см. фиг. 2А). Исполнительный механизм 160 перемещает иглу 150 внутри полости 142. Например, в проиллюстрированном варианте осуществления исполнительный механизм 160 может использоваться для перемещения иглы 150 в первую конфигурацию 220 подачи топлива (см. фиг. 2В) и вторую конфигурацию 230 подачи топлива (см. фиг. 2С). Опять же, можно отметить, что конкретный пример, изображенный на фиг. 2А-2С, представлен в качестве иллюстрации и включает для ясности только одну иглу и исполнительный механизм; однако в различных вариантах осуществления может использоваться несколько игл, и/или полостей, и/или исполнительных механизмов, при этом различные положения иглы или расположение одной или большего количества игл определяют первую и вторую конфигурации подачи топлива. Кроме того, в различных вариантах осуществления могут использоваться дополнительные конфигурации подачи топлива помимо первой и второй конфигураций подачи топлива. В целом, первая конфигурация 220 подачи топлива используется для подачи топлива с относительно более низкой скоростью во время начала сгорания, а вторая конфигурация 230 подачи топлива используется для подачи топлива с относительно более высокой скоростью позднее во время сгорания. В различных вариантах осуществления первое количество топлива подается через сопловые отверстия 144 с помощью узла 130 топливной форсунки (например, иглы 150 и/или других игл) в первой конфигурации 220 подачи топлива, а второе количество топлива вместе с первым количеством топлива подается через сопловые отверстия 144 с помощью узла 130 топливной форсунки (например, иглы 150 и/или других игл) во второй конфигурации 230 подачи топлива. Например, в некоторых вариантах осуществления первая конфигурация 220 подачи топлива может определять первый топливный тракт (не показан на фиг. 2В, 2С, см., например, фиг. 5 и соответствующее обсуждение), а вторая конфигурация 230 подачи топлива может определять второй топливный тракт (не показан на фиг. 2В, 2С, см., например, фиг. 5 и соответствующее обсуждение). В первой конфигурации 220 подачи топлива топливо подается только по первому топливному тракту, а не по второму топливному тракту, тогда как во второй конфигурации 230 подачи топлива топливо подается как по первому топливному тракту, так и по второму топливному тракту. (См., например, фиг. 5 и соответствующее обсуждение.)

Например, как видно на фиг. 2А, игла 150 полностью вставлена в полость 142, перекрывая сопловые отверстия 144 в закрытом положении 210. Пружина или другой механизм может использоваться для подталкивания иглы 150 к закрытому положению 210, при этом сила от исполнительного механизма 160 необходима для перемещения иглы 150 из закрытого положения 210.

На фиг. 2В исполнительный механизм 160 переместил иглу от нижней части полости 142, обеспечив возможность первому количеству топлива 290 течь через сопловые отверстия 144. Например, первое количество топлива 290 может быть выбрано для обеспечения желаемого количества топлива в начале цикла сгорания.

На фиг. 2С исполнительный механизм 160 переместил иглу 150 дальше от нижней части полости 142, обеспечив возможность дополнительному второму количеству топлива 292 течь через сопловые отверстия 144 в дополнение к первому количеству топлива 290. Можно отметить, что в различных вариантах осуществления могут использоваться дополнительные сопловые отверстия 144, чтобы обеспечить возможность протекания второго количества топлива 292 в дополнение к первому количеству топлива 290 во второй конфигурации 230 подачи топлива. (См., например, фиг. 5 и соответствующее обсуждение.) Дополнительно или в качестве альтернативы может быть использована дополнительная одна или большее количество игл и/или полостей для подачи дополнительного второго количества топлива 292.

В различных вариантах осуществления могут использоваться различные модификации или альтернативные схемы из показанного примера на фиг. 1 и 2А-2С. Например, можно использовать более одного сопла на цилиндр, при этом первое сопло обеспечивает первое количество 290, а второе сопло обеспечивает второе количество 292. В качестве другого примера можно использовать более одной полости на сопло и/или можно использовать более одной иглы на полость. Более того, для перемещения соответствующей иглы (или игл) можно использовать более одного исполнительного механизма. Можно отметить, что первая конфигурация 220 подачи топлива и/или вторая конфигурация 230 подачи топлива могут определять фиксированное или единственное положение, определяющее заданное количество топлива в некоторых вариантах осуществления, в то время как в других вариантах осуществления включен диапазон положений, обеспечивающий возможность изменять или регулировать количество топлива в одной или большем количестве конфигураций подачи топлива. Следует отметить, что в различных вариантах осуществления заданный исполнительный механизм может совместно использоваться двумя или большим количеством игл или может быть предназначен для одной иглы. Кроме того, в некоторых вариантах

осуществления для заданной иглы может использоваться более одного исполнительного механизма. Исполнительный механизм 160 может содержать, например, один или большее количество соленоидных или пьезоэлектрических исполнительных механизмов вместе с соответствующими компонентами.

Как обсуждалось в настоящем документе, могут использоваться различные комбинации иглы/полости/исполнительного механизма, из которых можно обеспечить различные конфигурации подачи топлива (например, первая конфигурация 220 подачи топлива и вторая конфигурация 230 подачи топлива), при этом каждая конфигурация подачи топлива обеспечивает различное количество топлива в цилиндр 210. Например, в некоторых вариантах осуществления используется совокупность полостей и совокупность исполнительных механизмов.

Фиг. 3 иллюстрирует общий вид сверху аспектов узла 300 топливной форсунки в соответствии с различными вариантами осуществления. Один или большее количество из изображенных примеров аспектов узла 300 топливной форсунки могут использоваться, например, в связи с узлом 130 топливной форсунки, обсуждаемым в связи с фиг. 1 и 2А-2С. Как видно на фиг. 3, узел 300 топливной форсунки содержит сопло 310, имеющее совокупность полостей (первая полость 320, вторая полость 322, третья полость 324, четвертая полость 326), а также совокупность соответствующих игл (первая игла 330, вторая игла 332, третья игла 334, четвертая игла 336) и совокупность соответствующих исполнительных механизмов (первый исполнительный механизм 340, второй исполнительный механизм 342, третий исполнительный механизм 344, четвертый исполнительный механизм 346). Можно отметить, что в проиллюстрированном примере полости 320, 322, 324, 326 показаны в одном сопле 310; однако в различных вариантах осуществления одна или большее количество полостей 320, 322, 324, 326 могут быть расположены в специальном сопле, имеющем только одну полость. Исполнительные механизмы 340, 342, 346, 348 в проиллюстрированном варианте осуществления показаны как соленоидные катушки, которые расположены радиально вокруг по меньшей мере части иглы, которая должна перемещаться заданным соленоидом. Следует отметить, что конкретная компоновка, показанная на фиг. 3, предназначена для иллюстрации в качестве примера и что в различных вариантах осуществления могут использоваться другие компоновки. Например, дизельная форсунка может быть расположена в центре сопла 310 в двухтопливных вариантах осуществления.

В проиллюстрированном варианте осуществления каждая игла расположена с возможностью перемещения в соответствующей полости и выполнена с возможностью перемещения соответствующим исполнительным механизмом. Как видно на фиг. 3, первая игла 330 расположена в первой полости 320 и приводится в движение первым исполнительным механизмом 340; вторая игла 332 расположена во второй полости 322 и приводится в движение вторым исполнительным механизмом 342; третья игла 334 расположена в третьей полости 324 и приводится в движение третьим исполнительным механизмом 344; и четвертая игла 336 расположена в четвертой полости 326 и приводится в движение четвертым исполнительным механизмом 346. Как обсуждалось в настоящем документе, первое количество топлива подается через сопловые отверстия (например, сопловые отверстия 144) с помощью узла 300 топливной форсунки в первой конфигурации подачи топлива (например, в первой конфигурации 220 подачи топлива), а второе количество топлива подается через сопловые отверстия (например, сопловые отверстия 144) с помощью узла 300 топливной форсунки во второй конфигурации подачи топлива (например, во второй конфигурации 230 подачи топлива). В частности, для изображенного узла 300 топливной форсунки первая конфигурация подачи топлива содержит первую группу 350 открытых игл (и открыта только первая группа 350), а вторая конфигурация подачи топлива содержит первую группу 350 вместе со второй группой 352 открытых игл. В проиллюстрированном примере первая группа 350 содержит первую иглу 340 и третью иглу 344, а вторая группа 352 содержит вторую иглу 342 и четвертую иглу 346. Соответственно, первая группа 350 содержит две иглы (первая игла 340 и третья игла 344), которые расположены симметрично друг другу (например, в положениях на полдень и на 6 часов, если смотреть сверху), и вторая группа 352 содержит две иглы (вторая игла 342 и четвертая игла 346), которые расположены симметрично относительно друг друга (например, в положениях на 3 часа и на 9 часов, если смотреть сверху). В некоторых вариантах осуществления вторая группа 352 может обеспечивать относительно большее количество топлива, чем первая группа 350, так что начальное количество топлива, обеспечиваемое первой группой 350, составляет менее половины общего количества (например, 10%), поданного позже в цикле сгорания. Также можно отметить, что могут быть предусмотрены дополнительная полость, игла и исполнительный механизм (например, в центре сопла 310) для использования для впрыска дизельного топлива в двухтопливных вариантах осуществления.

Следует отметить, что в различных вариантах осуществления для образования групп могут использоваться другие количества, компоновки или комбинации игл. Например, одна или большее количество групп могут быть образованы одной иглой. В качестве другого примера, в некоторых вариантах осуществления может использоваться более двух групп. Кроме того, разные положения иглы (например, промежуточное положение для первой конфигурации подачи топлива и полностью открытое положение для второй конфигурации подачи топлива) могут использоваться для одной или большего количества заданных игл в различных вариантах осуществления. Например, в рассмотренном выше примере первая игла 340 и третья игла 344 могут быть перемещены в промежуточное положение для первой конфигурации

подачи топлива, тогда как для второй конфигурации подачи топлива первая игла 340 и третья игла 344 могут быть перемещены в более открытое положение, чем промежуточное положение, при этом вторая группа 352 (вторая игла 342 и четвертая игла 346) также перемещены в открытое положение. В проиллюстрированном варианте осуществления каждая игла имеет свой собственный исполнительный механизм; однако можно отметить, что в различных вариантах осуществления исполнительный механизм может быть общим для двух или большего количества игл в одной и той же группе (где группа исполнительных механизмов содержит исполнительные механизмы, которые открываются или закрываются вместе) и/или одна или большее количество игл могут быть открыты или закрыты более чем одним исполнительным механизмом.

В различных вариантах осуществления могут использоваться другие компоновки иглы/полости/исполнительного механизма. В качестве одного примера для перемещения заданной иглы можно использовать более одного исполнительного механизма, при этом первый исполнительный механизм используется для помещения иглы в первую конфигурацию подачи топлива, а комбинация двух или большего количества исполнительных механизмов (например, первый исполнительный механизм вместе с одним или большим количеством дополнительных исполнительных механизмов), используемых для помещения иглы во вторую конфигурацию подачи топлива.

На фиг. 4А-4С предоставлен схематический вид узла 400 топливной форсунки в различных конфигурациях подачи топлива - фиг. 4А иллюстрирует узел 400 топливной форсунки в закрытом положении 410, фиг. 4В иллюстрирует узел 400 топливной форсунки в первой конфигурации 420 подачи топлива, и фиг. 4С иллюстрирует узел 400 топливной форсунки во второй конфигурации 430 подачи топлива. Один или большее количество из изображенных примеров аспектов узла 400 топливной форсунки могут быть использованы, например, в связи с узлом 130 топливной форсунки, обсуждаемым в связи с фиг. 1 и 2А-2С. Как видно на фиг. 4А-4С, узел 400 топливной форсунки содержит первую катушку 440 и вторую катушку 442, расположенные вокруг общей иглы 450. Общая игла 450 расположена в сопле 460, имеющем полость 462, сообщающуюся по текучей среде с сопловыми отверстиями 464. Активация первой катушки 440 помещает общую иглу 450 в первую конфигурацию 420 подачи топлива (чтобы обеспечить начальное количество топлива в начале сгорания), а активация второй катушки 442 вместе с первой катушкой 440 помещает общую иглу 450 во вторую конфигурацию 430 подачи топлива (чтобы обеспечить дополнительное количество топлива в дополнение к начальному количеству). Можно отметить, что в некоторых вариантах осуществления активация второй катушки 442 без активации первой катушки 440 может использоваться для помещения общей иглы 450 во вторую конфигурацию 430 подачи топлива или в другую конфигурацию подачи топлива.

Как видно на фиг. 4А, когда узел 400 топливной форсунки находится в закрытом положении 410, сопловые отверстия 464 закрыты для потока текучей среды из источника топлива, а в резервуаре 490, сообщающемся по текучей среде с сопловыми отверстиями 464, нет топлива. На фиг. 4В, когда первая катушка 440 активирована (например, ток, обеспечивает поток через первую катушку 440), общая игла 450 находится в частично открытом или частично поднятом положении (которое также можно назвать обеспечением частичного потока), и узел 400 топливной форсунки помещен в первую конфигурацию 420 подачи топлива. В первой конфигурации 420 подачи топлива сопловые отверстия 464 открыты для потока, причем объем резервуара 490 увеличен по отношению к объему резервуара 490 в закрытом положении 410, и в резервуаре 490 присутствует текучая среда для подачи через сопловые отверстия 464. На фиг. 4С, когда первая катушка 440 и вторая катушка 442 активированы (например, ток, обеспечивает течение через первую катушку 440 и вторую катушку 442), общая игла 450 находится в полностью открытом или максимально поднятом положении (которое также можно назвать обеспечением максимального потока), и узел 400 топливной форсунки помещен во вторую конфигурацию 430 подачи топлива. Во второй конфигурации 430 подачи топлива сопловые отверстия 464 открыты для потока, причем объем резервуара 490 увеличен по отношению к объему резервуара 490 в первой конфигурации 420 подачи топлива, и в резервуаре 490 присутствует текучая среда для подачи через сопловые отверстия 464. Можно отметить, что в различных вариантах осуществления в связи с любой из обсуждаемых в настоящем документе фигур один или большее количество резервуаров, используемых, как обсуждается в настоящем документе, могут иметь разный объем текучей среды и/или разный тип топлива для каждой из разных конфигураций подачи топлива. Площадь потока, обеспечиваемая данной конфигурацией, помогает регулировать скорость впрыска, а количество времени, проведенное в открытом состоянии (наряду со скоростью впрыска), определяет количество подаваемого топлива. Давление (давление в рампе или давление подачи) также влияет на скорость впрыска.

Следует отметить, что в альтернативных вариантах осуществления могут использоваться другие компоновки. Например, в некоторых вариантах осуществления только первая катушка может использоваться для помещения иглы в первую конфигурацию подачи топлива, и только вторая катушка может использоваться для помещения иглы во вторую конфигурацию подачи топлива. В качестве другого примера можно использовать более двух катушек для обеспечения более чем двух конфигураций подачи топлива. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления могут быть обеспечены три конфигурации подачи топлива с двумя катушками - а именно первая конфигурация подачи топлива с активированной

только первой катушкой, вторая конфигурация подачи топлива с активированной только второй катушкой и третья конфигурация подачи топлива с активированной как первой, так и второй катушкой.

Кроме того, можно отметить, что в различных вариантах осуществления некоторые сопловые отверстия могут быть закрыты для потока текучей среды в одной конфигурации подачи топлива, но открыты для потока текучей среды в другой конфигурации подачи топлива. На фиг. 5А-5С представлен схематический вид узла 500 топливной форсунки в различных конфигурациях подачи топлива - фиг. 5А иллюстрирует узел 500 топливной форсунки в закрытом положении 510, фиг. 5В иллюстрирует узел 500 топливной форсунки в первой конфигурации 520 подачи топлива, и фиг. 5С иллюстрирует узел 500 топливной форсунки во второй конфигурации 530 подачи топлива. Один или большее количество из изображенных примеров аспектов узла 500 топливной форсунки могут быть использованы, например, в связи с узлом 130 топливной форсунки, обсуждаемым в связи с фиг. 1 и 2А-2С, и/или узлом 400 топливной форсунки, обсуждаемым в связи с фиг. 4А-4С. Узел 500 топливной форсунки содержит первую катушку и вторую катушку (не показаны на фиг. 5А-5С, см. фиг. 4А-4С для примера первой и второй катушек), расположенные вокруг общей иглы 550. Общая игла 550 расположена в сопле 560, имеющем полость 562, сообщающуюся по текучей среде с сопловыми отверстиями 564. Сопловые отверстия 564 содержат первый набор 566 сопловых отверстий и второй набор 568 сопловых отверстий, при этом первый набор 566 расположен ближе к нижнему концу 569 сопла 560, чем второй набор 568. Активация первой катушки помещает общую иглу 550 в первую конфигурацию 520 подачи топлива (чтобы обеспечить начальное количество топлива в начале сгорания), а активация второй катушки вместе с первой катушкой помещает общую иглу 550 во вторую конфигурацию 530 подачи топлива (чтобы обеспечить дополнительное количество топлива в дополнение к начальному количеству). Как видно на фиг. 5В и 5С, первый набор 566 сопловых отверстий, но не второй набор 568 сопловых отверстий, открыт для потока в первой конфигурации 520 подачи топлива, и первый набор 566 сопловых отверстий и второй набор 568 сопловых отверстий открыты для потока во второй конфигурации 530 подачи топлива. Соответственно, первый тракт подачи топлива может содержать первый набор 566 сопловых отверстий, тогда как второй тракт подачи топлива содержит как первый набор 566, так и второй набор 568 сопловых отверстий.

Как видно на фиг. 5А, когда узел 500 топливной форсунки находится в закрытом положении 510, сопловые отверстия 564 (как первого набора 566, так и второго набора 568) закрыты для потока текучей среды из источника топлива, а в резервуаре 590, сообщающемся по текучей среде с сопловыми отверстиями 564, нет топлива. На фиг. 5В, когда первая катушка активирована (например, ток, обеспечивает течение через первую катушку) или в ином случае достигается первая конфигурация 520 подачи топлива, общая игла 550 находится в частично открытом или частично поднятом положении (которое также можно назвать обеспечением частичного потока), и узел 500 топливной форсунки помещен в первую конфигурацию 520 подачи топлива. В первой конфигурации 520 подачи топлива, когда игла 550 частично поднята, но все еще расположена дистально ниже второго набора 568 сопловых отверстий, первый набор 566 сопловых отверстий (но не второй набор 568) открыт для потока, объем резервуара 590 увеличен по сравнению с объемом резервуара 590 в закрытом положении 510, и в резервуаре 590 находится текучая среда для доставки через первый набор 566 сопловых отверстий. На фиг. 5С, когда первая катушка и вторая катушка активированы (например, ток обеспечивает течение через первую катушку и вторую катушку) или вторая конфигурация 530 подачи топлива достигнута иным образом, общая игла 550 находится в полностью открытом или максимально поднятом положении (которое также можно назвать обеспечением максимального потока), и узел 500 топливной форсунки помещен во вторую конфигурацию 530 подачи топлива. Во второй конфигурации 530 подачи топлива, когда игла 550 полностью поднята или иным образом находится дистально над вторым набором 568 сопловых отверстий, как показано на фиг. 5С, сопловые отверстия 564 как первого набора 566, так и второго набора 568 открыты для потока, объем резервуара 590 увеличен по отношению к объему резервуара 590 в первой конфигурации 520 подачи топлива, и текучая среда присутствует в резервуаре 590 для подачи через сопловые отверстия 564 как первого набора 566, так и второго набора 568.

В качестве другого примера компоновок игла/полость/привод, которые могут использоваться в различных вариантах осуществления, можно использовать более одной иглы вместе с полостью. На фиг. 6А-6С предоставлен схематический вид узла 600 топливной форсунки в различных конфигурациях подачи топлива - фиг. 6А иллюстрирует узел 600 топливной форсунки в закрытом положении 610, фиг. 6В иллюстрирует узел 600 топливной форсунки в первой конфигурации 620 подачи топлива, и фиг. 6С иллюстрирует узел 600 топливной форсунки во второй конфигурации 630 подачи топлива. Один или большее количество из изображенных примеров аспектов узла 600 топливной форсунки могут быть использованы, например, в связи с узлом 130 топливной форсунки, обсуждаемым в связи с фиг. 1 и 2А-2С. Как видно на фиг. 6А-6С, узел 600 топливной форсунки содержит внешнюю иглу 640 и внутреннюю иглу 642, расположенные внутри полости 650. Внешняя игла 640 расположена с возможностью перемещения внутри полости 650, а внутренняя игла 642 расположена подвижно внутри внешней иглы 640 и полости 650. Дистальный кончик 643 внутренней иглы 642 проходит дистально за дистальный кончик 641 внешней иглы 640. Хотя исполнительные механизмы не показаны в проиллюстрированном варианте осуществления для ясности иллюстрации, можно отметить, что изображенная внутренняя

игла 642 и внешняя игла 640 могут перемещаться в их соответствующие закрытые положения и выходить из них с помощью двух отдельных исполнительных механизмов (например, каждая игла имеет отдельную катушку, предназначенную для этого), или одним исполнительным механизмом с одной или двумя катушками с различными стратегиями возбуждения.

Полость 650 содержит первое гнездо 652 для иглы, которое принимает внутреннюю иглу 642, когда внутренняя игла 642 закрыта (например, как показано на фиг. 6А). В закрытом положении внутренняя игла 642 предотвращает подачу текучей среды в камеру сгорания через первые сопловые отверстия 660. Когда внутренняя игла 642 поднимается с первого седла 652 для иглы или открывается (например, как показано на фиг. 6В и 6С), топливо может течь через первые сопловые отверстия 660. Полость 650 также содержит второе седло 654 для иглы, которое принимает внешнюю иглу 640, когда внешняя игла 640 находится в закрытом положении (например, как показано на фиг. 6А и 6В). В закрытом положении внешняя игла 640 предотвращает подачу текучей среды в камеру сгорания через вторые сопловые отверстия 662. Когда внешняя игла 640 поднимается со второго седла 654 для иглы или открывается (например, как показано на фиг. 6С), топливо может течь через вторые сопловые отверстия 662.

В закрытом положении 610 (как показано на фиг. 6А) и внешняя игла 640, и внутренняя игла 642 закрыты, что предотвращает подачу топлива как через первые сопловые отверстия 660, так и через вторые сопловые отверстия. Когда узел 600 топливной форсунки помещен в первую конфигурацию 620 подачи топлива, как показано на фиг. 6В, внешняя игла 640 остается закрытой, но внутренняя игла 642 поднимается из первого седла 652 для иглы, позволяя потоку проходить через первые сопловые отверстия 660, но не вторые сопловые отверстия 662, что позволяет подавать первое количество топлива (например, начальное количество для начала сгорания). Когда узел 600 топливной форсунки помещается во вторую конфигурацию 630 подачи топлива, как показано на фиг. 6С, внешняя игла 640 поднимается из второго седла 654 для иглы, позволяя потоку проходить через вторые сопловые отверстия 662, а внутренняя игла 642 поднимается из первого седла 652 для иглы, обеспечивая поток через первые сопловые отверстия 660, а также вторые сопловые отверстия 662, что позволяет подавать второе количество топлива (через вторые сопловые отверстия 662) вместе с подаваемым первым количеством топлива (через первые сопловые отверстия 660).

В проиллюстрированном варианте осуществления только одна из внутренней иглы 642 и внешней иглы 640 открыта (на фиг. 6В внутренняя игла 642 открыта), а другая закрыта (на фиг. 6В внешняя игла 640 закрыта) в первой конфигурации 620 подачи топлива, и как внутренняя игла 642, так и внешняя игла 640 открыты во второй конфигурации 630 подачи топлива (см. фиг. 6С). Другие компоновки или комбинации могут использоваться в различных вариантах осуществления. Например, в некоторых вариантах осуществления первая конфигурация подачи топлива может быть достигнута путем поднятия внешней иглы, в то время как внутренняя игла остается закрытой. В качестве другого примера в различных вариантах осуществления одна или обе из внутренней или внешней игл могут быть перемещены в промежуточное положение как часть первой конфигурации подачи топлива, при этом как внутренняя, так и внешняя иглы полностью открыты во второй конфигурации подачи топлива. Соответственно, в различных вариантах осуществления первый топливный тракт может быть определен с открытой внутренней и внешней иглой и закрытой другой, а второй топливный тракт может быть определен с открытой как внутренней иглой, так и внешней иглой. Кроме того, одна или обе из внутренней или внешней игл могут иметь промежуточные положения и/или непрерывную регулировку для обеспечения дополнительных конфигураций подачи топлива (например, более двух конфигураций подачи топлива) и/или для улучшения управления или регулировки количества подаваемого топлива.

Возвращаясь к фиг. 1, блок 120 обработки данных проиллюстрированного варианта осуществления выполнен с возможностью управления различными аспектами системы 100, включая исполнительный механизм 160 (например, для управления положением одной или большего количества игл 150 для помещения узла 130 топливной форсунки в желаемую конфигурацию подачи топлива в желаемое время). Блок 120 обработки данных обеспечивает управляющие сигналы для одного или большего количества аспектов системы 100. Например, блок 120 обработки данных управляет активацией и деактивацией исполнительного механизма 160. Блок 120 обработки данных в различных вариантах осуществления управляет исполнительным механизмом для выполнения или обеспечения различных перемещений одной или большего количества игл в конфигурации подачи топлива или между ними. Перемещения в конфигурации подачи топлива или из них (например, синхронизация использования конфигураций подачи топлива относительно событий сгорания) в различных вариантах осуществления управляются блоком 120 обработки данных для обеспечения желаемой скорости подачи топлива. В некоторых вариантах осуществления блок 120 обработки данных управляет одним или большим количеством исполнительных механизмов для перемещения игл между положениями диапазона доступных положений для заданной конфигурации подачи топлива (или конфигураций) для более точного управления и/или регулировки. Блок 120 обработки данных в различных вариантах осуществления принимает обратную связь от одного или большего количества датчиков (например, датчика 170), выполненных с возможностью обнаружения одного или большего количества параметров системы 100.

Например, в проиллюстрированном варианте осуществления датчик 170 функционально соединен с

блоком 120 обработки данных. Изображенный датчик 170 сообщается по текучей среде с выпускным потоком 103 из цилиндра 112, но может быть расположен в других местоположениях. Например, датчик 170 может быть дополнительно или в качестве альтернативы связан с одной или большим количеством из камеры сгорания, топливной форсунки или топливной системой. В различных вариантах осуществления может использоваться более одного датчика. В изображенном примере датчик 170 может обнаруживать или определять (или предоставлять информацию, из которой могут быть определены одно или большее количество значений параметров) температуру выпускного газа (например, температуру на входе в устройство дополнительной обработки) или наличие или количество одного или большего количества материалов в выпускном потоке 130. Датчик 170, например, может включать в себя один или большее количество датчиков давления (например, датчик давления в цилиндре и/или датчик давления в топливной рампе), среди прочего, датчик мощности, датчик крутящего момента, датчик скорости, датчик угла поворота коленчатого вала, датчик подъема иглы, датчик температуры, тензодатчик, датчик детонации, датчик NOx, датчик кислорода, датчик углеродной сажи, датчик твердых частиц (PM) или датчик углеводородов (несгоревших или частично сгоревших). Следует отметить, что в различных вариантах осуществления может использоваться комбинация одного или большего количества из вышеперечисленных (или других) датчиков. Блок 120 обработки данных выполнен с возможностью управления по меньшей мере одним из перемещения иглы 150 (и/или других игл) в первую конфигурацию подачи топлива или перемещения иглы 150 (и/или других игл) во вторую конфигурацию подачи топлива на основе обратной связи, обеспечиваемой от датчика 170. Перемещением данной иглы можно управлять, управляя или регулируя время начала перемещения иглы относительно события сгорания (например, начало сгорания), управляя или регулируя скорость движения иглы и/или управляя или регулируя время, в течение которого игла остается в заданном положении. Такое точное управление перемещением иглы может быть использовано для обеспечения желаемой скорости впрыска топлива в цилиндр двигателя (что называется "формированием скорости впрыска").

Можно отметить, что могут использоваться различные типы перемещений к конфигурациям подачи топлива или между ними. Например, перемещение иглы 150 (и/или других игл) в первую конфигурацию подачи топлива и/или вторую конфигурацию подачи топлива (а также перемещение иглы 150 и/или других игл в закрытое положение) может включать перемещение иглы 150 (и/или других игл) в несколько этапов. В качестве другого примера игла 150 (и/или другие иглы) может непрерывно перемещаться (например, с использованием бесступенчато регулируемого/управляемого соленоидного исполнительного механизма). В качестве еще одного примера перемещение иглы 150 (и/или других игл) в первую конфигурацию подачи топлива и/или вторую конфигурацию подачи топлива (а также перемещение иглы 150 и/или других игл в закрытое положение) может включать перемещение иглы 150 (и/или других игл) серий дискретных импульсов (например, периоды перемещения, промежутки между периодами неподвижного позиционирования).

Изображенный блок 120 обработки данных содержит схему обработки, выполненную с возможностью выполнения одной или большего количества задач, функций или этапов, обсуждаемых в настоящем документе. Блок 120 обработки данных иллюстрируемого варианта осуществления выполнен с возможностью выполнения одного или большего количества аспектов, обсуждаемых в связи с раскрытыми в настоящем документе способами или потоками процессов. Можно отметить, что используемый в настоящем документе термин "блок обработки данных" необязательно ограничивается одним процессором или компьютером. Например, в различных вариантах осуществления блок 120 обработки данных может содержать несколько процессоров и/или компьютеров, которые могут быть интегрированы в общий корпус или блок или могут быть распределены между различными блоками или корпусами. Можно отметить, что операции, выполняемые блоком 120 обработки данных (например, операции, соответствующие потокам процессов или способам, обсуждаемым в данном документе, или их аспектам), могут быть достаточно сложными, чтобы операции не могли выполняться (например, выполняться достаточно точно, аккуратно и/или неоднократно) человеком в течение разумного периода времени.

В проиллюстрированном варианте осуществления блок 120 обработки данных содержит запоминающее устройство 122. Следует отметить, что, кроме того, в альтернативных вариантах осуществления могут использоваться другие типы, количества или комбинации модулей. В целом, различные аспекты блока 120 обработки данных действуют по отдельности или совместно с другими аспектами для выполнения одного или большего количества аспектов способов, этапов или процессов, обсуждаемых в настоящем документе. Запоминающее устройство 122 содержит один или большее количество машиночитаемых носителей данных. Кроме того, в различных вариантах осуществления потоки процессов и/или блок-схемы, обсуждаемые в настоящем документе (или их аспекты), представляют собой один или большее количество наборов инструкций, которые хранятся в запоминающем устройстве 122 для управления операциями системы 100.

Фиг. 7 представляет блок-схему способа 700 работы двигателя (например, поршневого двигателя внутреннего сгорания) в соответствии с различными вариантами осуществления. В различных вариантах осуществления способ 700, например, использует структуры или аспекты различных вариантов осуществления (например, системы и/или способы), обсуждаемые в настоящем документе. В различных вариан-

тах осуществления некоторые этапы могут быть исключены или добавлены, некоторые этапы могут быть объединены, некоторые этапы могут выполняться одновременно, определенные этапы могут выполняться одновременно, определенные этапы могут быть разделены на несколько этапов, определенные этапы могут выполняться в другом порядке или определенные этапы или серии этапов могут быть повторно выполнены итеративно. В различных вариантах осуществления части, аспекты и/или варианты способа 700 используются в качестве одного или большего количества алгоритмов для указания аппаратному обеспечению выполнения операций, описанных в настоящем документе. В различных вариантах осуществления один или большее количество процессоров (например, блок 120 обработки данных) используют части, аспекты и/или варианты способа 700 в качестве одного или большего количества алгоритмов управления двигателем.

На этапе 702 двигатель запускается. В изображенном варианте осуществления двигатель представляет собой поршневой двигатель внутреннего сгорания с впрыском топлива. В некоторых вариантах осуществления двигатель может представлять собой двигатель с воспламенением от сжатия (например, использующий дизельное топливо по меньшей мере в начале цикла сгорания), в то время как в других вариантах осуществления двигатель может представлять собой двигатель с искровым зажиганием, в то время как в других вариантах осуществления двигатель может использовать другие источники воспламенения, такие как лазер, плазма или другие источники воспламенения, чтобы инициировать сгорание в цилиндре двигателя. В различных вариантах осуществления в двигателе может использоваться один или большее количество видов бензина, дизельного топлива или природного газа (жидкого и/или газообразного). В проиллюстрированном примере двигатель содержит цилиндр, имеющий по меньшей мере один узел топливной форсунки, выполненный с возможностью подачи топлива в цилиндр, при этом узел топливной форсунки имеет по меньшей мере один исполнительный механизм, выполненный с возможностью перемещения по меньшей мере одной иглы для открытия и закрытия топливной форсунки, а также перемещения топливной форсунки в различные конфигурации подачи топлива или между ними для подачи переменного количества топлива. Изображенный способ 700, например, может использоваться для обеспечения формирования скорости подачи топлива таким образом, чтобы начальное количество топлива, подаваемое в начале сгорания, было меньше, чем последующее количество топлива, подаваемое позднее во время сгорания. Можно отметить, что способ 700 можно использовать для непрерывного управления и/или изменения скорости впрыска во времени либо первого топлива, либо второго топлива, либо как первого, так и второго топлива, тем самым обеспечивая широкий диапазон гибкости для формирования скорости впрыска топлива.

На этапе 704 по меньшей мере одна игла внутри по меньшей мере одной полости двигателя перемещается из закрытого положения (в котором предотвращается протекание текучей среды через отверстия сопла и топливо не подается) в первую конфигурацию подачи топлива. В первой конфигурации подачи топлива первое количество топлива подается через отверстия сопла. Первое количество в различных вариантах осуществления представляет собой количество, сконфигурированное для использования в начале сгорания. По меньшей мере одна игла перемещается с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма, например соленоидной катушки, под управлением по меньшей мере одного процессора (например, блока 120 обработки данных). В различных вариантах осуществления для обеспечения первой конфигурации подачи топлива (а также других конфигураций подачи топлива) могут использоваться различные комбинации полости/иглы/исполнительного механизма, а также различное количество узлов топливных форсунок.

Например, на этапе 706 в некоторых вариантах осуществления по меньшей мере одна полость содержит совокупность полостей, по меньшей мере одна игла содержит совокупность соответствующих игл, а по меньшей мере один исполнительный механизм содержит совокупность соответствующих исполнительных механизмов. Каждая игла расположена с возможностью перемещения внутри соответствующей полости. Для перемещения по меньшей мере одной иглы в первую конфигурацию подачи топлива открывается первая группа игл.

В качестве другого примера, на этапе 708 по меньшей мере один исполнительный механизм содержит первую катушку и вторую катушку, расположенную вокруг общей иглы. Перемещение по меньшей мере одной иглы в первую конфигурацию подачи топлива включает активацию первой катушки для перемещения общей иглы в первую конфигурацию подачи топлива.

В качестве еще одного примера на этапе 710 по меньшей мере одна игла содержит внешнюю иглу и внутреннюю иглу, при этом внутренняя игла расположена с возможностью перемещения внутри внешней иглы (например, по меньшей мере часть внутренней иглы радиально окружена внешней иглой). Перемещение по меньшей мере одной иглы в первую конфигурацию подачи топлива включает открытие только одной из внутренней иглы и внешней иглы (например, открытие внутренней иглы с помощью первой соленоидной катушки, в то время как внешняя игла остается закрытой).

На этапе 712 топливо подается с помощью узла (или узлов) топливной форсунки в первой конфигурации подачи топлива. Топливо может подаваться из первой конфигурации подачи топлива в начале и/или вблизи начала сгорания. В некоторых вариантах осуществления топливо может подаваться из первой конфигурации подачи топлива во время фазы впуска цикла сгорания, во время которой поршень

опускается и воздух подается в камеру сгорания цилиндра. В некоторых вариантах осуществления топливо может подаваться одновременно с перемещением одной или большего количества топливных форсунок в положение первой конфигурации подачи топлива или из него и/или в разные положения диапазона положений первой конфигурации подачи топлива, например, для обеспечения регулируемости.

На этапе 714 по меньшей мере одна игла внутри по меньшей мере одной полости двигателя перемещается из первой конфигурации подачи топлива во вторую конфигурацию подачи топлива. Во второй конфигурации подачи топлива второе количество топлива вместе с первым количеством топлива подается через отверстия сопла. Первое количество и второе количество в различных вариантах осуществления обеспечивают объединенное количество, сконфигурированное для последующего использования при сгорании, которое больше, чем первое количество, обеспечиваемое первой конфигурацией подачи топлива. По меньшей мере одна игла перемещается из первой конфигурации подачи топлива с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма, который может содержать один или большее количество исполнительных механизмов, используемых для перемещения из закрытого положения в первую конфигурацию подачи топлива, и/или может содержать один или большее количество других исполнительных механизмов. В некоторых вариантах осуществления сопло содержит первый набор сопловых отверстий и второй набор сопловых отверстий. Первый набор, но не второй набор сопловых отверстий, может быть открыт для потока в первой конфигурации подачи топлива, в то время как первый и второй набор сопловых отверстий открыты для потока во второй конфигурации подачи топлива.

Например, на этапе 716 в некоторых вариантах осуществления (например, вариантах осуществления, для которых был выполнен этап 706) по меньшей мере одна полость содержит совокупность полостей, по меньшей мере одна игла содержит совокупность соответствующих игл, а по меньшей мере один исполнительный механизм содержит совокупность соответствующих исполнительных механизмов. Каждая игла расположена с возможностью перемещения внутри соответствующей полости. Чтобы переместить по меньшей мере одну иглу во вторую конфигурацию подачи топлива, открывается вторая группа игл вместе с первой группой игл, которая была открыта на этапе 706.

В качестве другого примера, на этапе 718, в некоторых вариантах осуществления (например, вариантах осуществления, для которых был выполнен этап 708), по меньшей мере один исполнительный механизм содержит первую катушку и вторую катушку, расположенные вокруг общей иглы. Перемещение по меньшей мере одной иглы во вторую конфигурацию подачи топлива включает активацию второй катушки вместе с первой катушкой для помещения общей иглы во вторую конфигурацию подачи топлива. Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления первая катушка может быть деактивирована, а вторая катушка активирована для обеспечения второй конфигурации подачи топлива.

В качестве еще одного примера на этапе 720 в некоторых вариантах осуществления (например, в вариантах осуществления, для которых был выполнен этап 710) по меньшей мере одна игла содержит внешнюю иглу и внутреннюю иглу, при этом внутренняя игла расположена с возможностью перемещения внутри внешней иглы (например, по меньшей мере часть внутренней иглы радиально окружена внешней иглой). Перемещение по меньшей мере одной иглы во вторую конфигурацию подачи топлива включает открытие как внутренней иглы, так и внешней иглы (например, открытие внешней иглы с помощью второй электромагнитной катушки, в то время как внутренняя игла остается открытой после этапа 710). Следует отметить, что в альтернативных вариантах осуществления только одна игла может быть открыта для достижения второй конфигурации подачи топлива. Например, игла, которая была открыта на этапе 710, может быть закрыта, а открыта другая игла (например, открыта внутренняя игла, в то время как внешняя игла закрыта на этапе 710, и открыта внешняя игла, в то время как внутренняя игла закрыта на этапе 720). В некоторых вариантах осуществления можно использовать две иглы для обеспечения трех конфигураций - одна конфигурация с открытой только первой из двух игл, вторая конфигурация с открытой только второй из двух игл и третья конфигурация с обеими открытыми иглами. Можно также отметить, что, когда открываются две иглы, они могут открываться последовательно (например, открывается первая игла, а затем открывается вторая игла без перекрытия времени открывания отдельных игл) или могут открываться одновременно или параллельно (например, с частичным или полным перекрытием во время открытия отдельных игл).

На этапе 722 топливо подается из второй конфигурации подачи топлива. Топливо может подаваться из второй конфигурации подачи топлива после воспламенения. Поскольку вторая конфигурация подачи топлива обеспечивает второе количество топлива в дополнение к первому количеству топлива, на этапе 722 подается больше топлива (и/или скорость подачи топлива увеличивается), чем на этапе 712. В некоторых вариантах осуществления топливо может подаваться одновременно с перемещением одной или большего количества топливных форсунок в положение второй конфигурации подачи топлива или из него (например, при перемещении из первой конфигурации подачи топлива во вторую конфигурацию подачи топлива) и/или в различные положения диапазона положений второй конфигурации подачи топлива, например, для обеспечения возможности регулируемости. Можно отметить, что в некоторых вариантах осуществления перемещение к первой конфигурации подачи топлива или из нее и/или ко второй конфигурации подачи топлива или из нее может выполняться в виде последовательности этапов или, в качестве другого примера, в виде последовательности дискретных импульсов. Кроме того, можно отме-

тить, что в различных вариантах осуществления топливо может быть жидким и газообразным в разные времена, и способ 700 может использоваться для управления формированием скорости по-разному для каждого из режимов работы жидкости и газа. Кроме того, можно отметить, что в различных вариантах осуществления количество топлива, подаваемого в одной или большем количестве конфигураций подачи топлива, может быть изменено путем регулировки положения одной или большего количества игл в заданной конфигурации подачи топлива. Соответственно, регулировкой количества топлива или скорости подачи топлива можно управлять, например, для достижения лучшего фазирования сгорания, поддержания под управлением скоростью повышения давления и оптимизации общих характеристик двигателя и выбросов.

На этапе 724 одно или большее количество свойств или аспектов работы двигателя воспринимаются с использованием одного или большего количества датчиков. В различных вариантах осуществления один или большее количество параметров воспринимаются для подтверждения, повторной настройки или изменения конфигурации перемещения одной или большего количества игл на этапе 704 и/или 714. Например, в некоторых вариантах осуществления одно или большее количество свойств выпускного потока из двигателя измеряются с использованием датчика. Обратная связь от датчика, например, может использоваться для управления перемещением по меньшей мере одной иглы в первую конфигурацию подачи топлива и/или вторую конфигурацию подачи топлива. Например, на основе одного или большего количества измеренных свойств (например, давления/температуры/течения выпускного потока, крутящего момента, мгновенной генерируемой мощности, выходного сигнала датчика детонации, компонентов выпускного газа (таких как NOx, кислород, сажа, твердые частицы, углеводороды (несгоревшие или частично сгоревшие) и т.п.)), количество топлива, подаваемого в одной или большем количестве конфигураций подачи топлива, может регулироваться (например, как определено по меньшей мере одним процессором, таким как блок 120 обработки данных) для повышения производительности. Можно отметить, что, дополнительно или в качестве альтернативы, могут быть обнаружены условия в цилиндрах, может быть обнаружен аспект работы одной или большего количества топливных форсунок и/или может быть обнаружен аспект работы топливной системы. Например, могут измеряться такие параметры, как давление в топливной рампе и/или подъем иглы. В различных вариантах осуществления рекомендуемое ECU (или указанное в команде калибровки) значение параметра может сравниваться с измеренным значением параметра, и разница используется для выполнения корректирующих действий в отношении движений игл форсунок.

На этапе 726 определяется, должен ли двигатель продолжать работать в течение дополнительных циклов сгорания. Если это так, способ 700 переходит к этапу 728, на котором узел (или узлы) топливных форсунок двигателя перемещают в закрытое положение, а сопло (или сопла) узлов топливных форсунок закрывают, например, после высвобождения желаемого общего количества топлива, а также во время выпускной части цикла сгорания. Если двигатель должен быть остановлен, способ 700 завершается на этапе 730.

В некоторых вариантах осуществления раскрытые в настоящем документе узлы топливных форсунок могут использоваться в сочетании с многотопливными системами (например, системами, в которых используется более одного типа топлива). Например, двигатель внутреннего сгорания может использовать смесь двух видов топлива. Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, обеспечивают точное управление и/или изменение пропорции двух или большего количества видов топлива, используемых двигателем внутреннего сгорания.

Например, фиг. 8 представляет собой схематическую блок-схему узла 800 многотопливной форсунки, выполненной в соответствии с различными вариантами осуществления. В проиллюстрированном примере узел многотопливной форсунки обсуждается в контексте двухтопливной системы, в которой используются два различных типа топлива, каждый из которых связан с соответствующим узлом топливной форсунки (или системой подачи топлива), выполненным с возможностью использования с этим конкретным типом топлива. Однако можно отметить, что узел многотопливной форсунки в других вариантах осуществления может использовать более двух различных типов топлива и/или использовать более двух узлов топливных форсунок (или других узлов топливных форсунок).

В примере, показанном на фиг. 8, узел многотопливной форсунки содержит первый узел 810 топливной форсунки и вторую систему 820 подачи топлива. Первый узел топливной форсунки выполнен с возможностью подачи первого типа топлива, а вторая система подачи топлива выполнена с возможностью подачи второго отличного типа топлива. Первый узел топливной форсунки и вторая система подачи топлива в различных вариантах осуществления выполнены с возможностью управления пропорцией топлива первого типа топлива и второго типа топлива, соответственно, подаваемых в цилиндр 801. Например, соотношение между первым типом топлива и вторым типом топлива может варьироваться для соответствия различным условиям работы и/или различной доступности одного или большего количества типов топлива. Первый узел топливной форсунки и второй узел подачи топлива могут управляться одним или большим количеством процессоров (например, блоком 120 обработки данных, обсуждаемым в связи с фиг. 1).

Как видно на фиг. 8, первый узел топливной форсунки содержит первое сопло 830, по меньшей мере

ре одну первую иглу 840 и по меньшей мере один первый исполнительный механизм 850. В целом, первый узел топливной форсунки в различных вариантах осуществления содержит один или большее количество аспектов узлов топливных форсунок, рассмотренных в связи с фиг. 1-7. Например, в варианте осуществления, проиллюстрированном на фиг. 8, первое сопло содержит по меньшей мере одну первую полость 832, сообщающуюся по текучей среде с первыми сопловыми отверстиями 834. В различных вариантах осуществления можно использовать различное количество первых полостей и первых сопловых отверстий. В проиллюстрированном примере показана одна первая полость. В целом, первый тип топлива подается в цилиндр (прямо или опосредованно) через первые сопловые отверстия. Если поток через первые сопловые отверстия полностью перекрыт, первый тип топлива не будет подаваться в цилиндр.

В примере, проиллюстрированном на фиг. 8, показана только одна первая игла. Однако следует отметить, что в различных вариантах осуществления можно использовать дополнительные первые иглы. Изображенная первая игла расположена с возможностью перемещения внутри первой полости. Когда первая игла находится в закрытом положении первого узла топливной форсунки, как показано на фиг. 8, поток первого типа топлива через первые сопловые отверстия предотвращается. Первая игла может быть перемещена из закрытого положения, чтобы обеспечить прохождение управляемого количества первого типа топлива через первые сопловые отверстия.

В иллюстрированном примере на фиг. 8 также показан один первый исполнительный механизм. Однако следует отметить, что в различных вариантах осуществления могут использоваться дополнительные исполнительные механизмы. Изображенный первый исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения по меньшей мере одной первой иглы внутри первой полости. Путем перемещения первой иглы первый исполнительный механизм управляет количеством подаваемого первого топлива (например, за заданное количество времени) и/или скоростью, при которой первое топливо подается из первого узла топливной форсунки. Изображенный первый исполнительный механизм перемещает первую иглу между различными положениями, соответствующими различным конфигурациям подачи топлива для первого узла топливной форсунки. Например, первый исполнительный механизм перемещает первую иглу в первую конфигурацию подачи, которая соответствует первому составу топливной смеси, а также во вторую конфигурацию подачи топлива, которая соответствует второму составу топливной смеси. Дополнительные конфигурации подачи топлива и составы топливной смеси могут использоваться в различных вариантах осуществления. Каждый состав топливной смеси определяет определенное процентное содержание или пропорцию каждого типа используемого топлива. Например, в проиллюстрированном примере первый состав топливной смеси может содержать X% первого типа топлива и (100-X)% второго типа топлива, а второй состав топливной смеси может содержать Y% первого типа топлива и (100-Y)% второго типа топлива, где X и Y находятся в диапазоне от 0 до 100 и отличаются друг от друга. Первое количество первого типа топлива подается через первые сопловые отверстия с помощью первой иглы в первой конфигурации подачи топлива, а второе количество первого типа топлива подается через первые сопловые отверстия с помощью первой иглы во второй конфигурации подачи топлива. Количество поставляемого или подаваемого топлива, используемое в настоящем документе, может пониматься как включающее в себя объемное количество, определенное количество за период времени и/или определенную скорость, при которой поставляется топливо.

Различные компоновки и методы для обеспечения различных конфигураций подачи топлива, которые могут использоваться первым узлом топливной форсунки, показанном на фиг. 8, обсуждаются в связи с фиг. 1-7. Например, как более подробно описано в связи с фиг. 4А-4С, первый исполнительный механизм может содержать первую катушку и вторую катушку, расположенные вокруг общей иглы, при этом активация первой катушки помещает общую иглу в первую конфигурацию подачи топлива, а активация катушки вместе с первой катушкой или без нее, помещает общую иглу во вторую конфигурацию подачи топлива. В качестве другого примера, как описано более подробно в связи с фиг. 5А-5С, первое сопло в некоторых вариантах осуществления содержит первый набор сопловых отверстий и второй набор сопловых отверстий. Первый набор сопловых отверстий, но не второй набор сопловых отверстий, открыт для потока в первой конфигурации подачи топлива, и первый набор сопловых отверстий и второй набор сопловых отверстий открыты для потока во второй конфигурации подачи топлива. В качестве еще одного примера, как описано более подробно в связи с фиг. 6А-6С, первая игла может содержать внешнюю иглу и внутреннюю иглу, которая расположена с возможностью перемещения во внешней игле. Другие компоновки могут использоваться в альтернативных вариантах осуществления.

Вторая система подачи топлива может быть скомпонована в целом аналогично первому узлу топливной форсунки (например, включая аспекты, обсуждаемые в связи с фиг. 1-7) или в качестве альтернативы может быть скомпонована по-другому (например, с использованием различных известных, обычных компонентов и/или компоновок топливной форсунки). В качестве другого примера, в некоторых вариантах осуществления вторая система подачи топлива содержит один или большее количество карбюраторов. Вторая система подачи топлива может подавать топливо непосредственно в цилиндр (например, аналогично первому узлу топливной форсунки, изображенного на фиг. 8) или в других вариантах осуществления подавать топливо в цилиндр опосредованно. В проиллюстрированном примере вторая система подачи топлива подает топливо в цилиндр опосредованно, сначала подавая топливо во впускной

узел 890. Изображенный впускной узел получает топливо из второй системы подачи топлива и подает полученное топливо вместе с впускным потоком воздуха в цилиндр. Впускной узел в различных вариантах осуществления содержит один или большее количество патрубков, впускной коллектор или впускной порт (например, порт, выполненный в головке цилиндра). Вторая система подачи топлива может поставлять топливо во впускной узел в разных местах. Например, вторая система подачи топлива может содержать портовую форсунку, которая впрыскивает топливо во впускной порт цилиндра. В качестве другого примера вторая система подачи топлива может содержать общую центральную форсунку или карбюратор, который используется в соединении с рядом множества цилиндров. Вторая система подачи топлива может использовать клапан открытия/закрытия в некоторых вариантах осуществления или клапан непрерывного потока с переменным расходом в других. В качестве другого примера вторая система подачи топлива может изменять давление для управления потоком второго типа топлива.

Изображенная вторая система подачи топлива содержит второе сопло 860, по меньшей мере одну вторую иглу 870 и по меньшей мере один второй исполнительный механизм 880. Пример второй системы подачи топлива содержит одно второе сопло, одну вторую иглу и один второй исполнительный механизм. Следует отметить, что в альтернативных вариантах осуществления могут использоваться разные количества одного или большего количества компонентов. Кроме того, можно отметить, что, хотя в изображенных инжекторах используются иглы, в других вариантах осуществления для открытия и закрытия клапана могут использоваться тарелка или другое устройство.

Изображенное второе сопло содержит по меньшей мере одну вторую полость 862 (одна показана на фиг. 8, но в других вариантах осуществления могут использоваться дополнительные вторые полости), которая сообщается по текучей среде со вторыми сопловыми отверстиями 864. Второй тип топлива подается в цилиндр (прямо или опосредованно) через вторые сопловые отверстия. Например, в некоторых вариантах осуществления вторые сопловые отверстия сообщаются по текучей среде с впускным узлом или портом, и второе топливо подается из второй системы подачи топлива во впускной узел или порт, где обеспечивается смешивание второго топлива с воздухом перед подачей из впускного узла в цилиндр.

Вторая игла расположена с возможностью перемещения во второй полости. На фиг. 8 вторая игла показана в закрытом положении второй системы подачи топлива, в которой вторая игла препятствует потоку через вторые сопловые отверстия. Вторую иглу можно перемещать в различные положения, отличные от закрытого положения, для подачи управляемого количества второго типа топлива. Второй исполнительный механизм выполнен с возможностью перемещения второй иглы внутри второй полости (например, перемещения второй иглы в предварительно заданное положение для подачи требуемого количества второго типа топлива и/или перемещения второй иглы в закрытое положение второй системы подачи топлива для предотвращения подачи второго типа топлива).

В различных вариантах осуществления вторая система подачи топлива (например, положение второй иглы) управляется совместно с первым узлом топливной форсунки (например, положением первой иглы) для подачи желаемого количества каждого типа топлива пропорционально каждому другому для достижения желаемого состава топливной смеси (например, топливная смесь, содержащая желаемое процентное содержание первого типа топлива и желаемое процентное содержание второго типа топлива).

Соответственно, как обсуждалось в данном документе, узел многотопливной форсунки управляется в различных вариантах осуществления для обеспечения разных топливных смесей (например, смесей, которые содержат разные количества или пропорции двух или большего количества топлив). Например, как также обсуждалось выше, первый узел топливной форсунки и вторая система подачи топлива могут управляться для обеспечения первого состава топливной смеси (которая содержит $X\%$ первого типа топлива и $(100-X)\%$ второго типа топлива), а затем управляться (например, первый и второй исполнительные механизмы, управляемые для перемещения первой и второй игл соответственно) для обеспечения второго состава топливной смеси (который содержит $Y\%$ первого типа топлива и $(100-Y)\%$ второго типа топлива). Как указано выше, X и Y находятся в диапазоне от 0 до 100 и отличаются друг от друга.

Следует отметить, что в различных вариантах осуществления X или Y могут быть равны 0 или 100. Одно из узлов первой топливной форсунки или второй системы подачи топлива может быть помещено в закрытое положение для предотвращения потока (или обеспечения 0%) заданного типа топлива для различных конфигураций подачи топлива. Например, первый состав топливной смеси может на 100% состоять из первого типа топлива, при этом вторая система подачи топлива находится в закрытом положении второй системы подачи топлива, когда первый узел топливной форсунки находится в первой конфигурации подачи топлива, соответствующей первому составу топливной смеси. Точно так же второй состав топливной смеси может содержать 100% второго типа топлива, при этом первый узел топливной форсунки находится в закрытом положении, когда первый узел топливной форсунки находится во второй конфигурации подачи топлива, соответствующей второму составу топливной смеси. Иными словами, второй конфигурацией подачи топлива первого узла топливной форсунки может быть закрытое положение, когда второй состав топливной смеси составляет 100% второго типа топлива. Кроме того, можно отметить, что узел многотопливной форсунки может иметь несколько конфигураций подачи топлива, в которых вторая игла находится в закрытом положении для каждой из них, причем с составом для каж-

дой на 100% первого типа топлива, и только общее количество (или скорость) подаваемого первого топлива варьируется между конфигурациями в зависимости от положения по меньшей мере одной первой иглы первого узла топливной форсунки. Аналогично узел многотопливной форсунки может иметь несколько конфигураций подачи топлива, в которых первая игла находится в закрытом положении для каждой из них, причем с составом для каждой на 100% второго типа топлива, и только общее количество (или скорость) подаваемого второго топлива варьируется между конфигурациями в зависимости от положения по меньшей мере одной второй иглы второй системы подачи топлива. В других конфигурациях подачи топлива и первая игла, и вторая игла находятся вдали от своих закрытых положений, и подается ненулевое количество каждого типа топлива. Конкретный выбранный состав топливной смеси может быть выбран на основе требуемой производительности двигателя (например, состав топливной смеси может варьироваться в зависимости от скорости двигателя и/или мощности двигателя) и/или доступного количества топлива.

В некоторых вариантах осуществления первый тип топлива может использоваться для облегчения воспламенения. В некоторых вариантах осуществления первый тип топлива представляет собой дизельное топливо. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления второй тип топлива содержит по меньшей мере одно из водорода, этанола, метанола, бензина, дизельного топлива, аммиака, природного газа или метана.

Как обсуждалось выше, в некоторых вариантах осуществления первый узел топливной форсунки и вторая система подачи топлива подают топливо непосредственно в цилиндр. В других вариантах осуществления один или оба узла топливных форсунок подают топливо в цилиндр опосредованно (например, через впускной узел). На фиг. 9 показан вариант осуществления узла 900 двигателя, в котором используется топливо, первоначально поступившее во впускной узел.

Как видно на фиг. 9, изображенный узел двигателя содержит цилиндр 910, впускной узел 920, первый узел 930 топливной форсунки и вторую систему 940 подачи топлива. В проиллюстрированном варианте осуществления впускной узел содержит впускной порт, в который непосредственно впрыскивается топливо. Однако, как также обсуждалось выше, могут использоваться другие типы подачи топлива (например, карбюратор) и/или другие местоположения подачи топлива для второго типа топлива. Различные аспекты системы в соответствии с фиг. 1 и/или узла многотопливной форсунки в соответствии с фиг. 8 могут быть включены в узел двигателя в соответствии с фиг. 9. Например, первый узел топливной форсунки в соответствии с фиг. 9 может включать весь узел первой топливной форсунки в соответствии с фиг. 8 или его часть, а вторая система подачи топлива в соответствии с фиг. 9 может включать всю вторую систему подачи топлива в соответствии с фиг. 8 или ее часть. В целом, первый узел топливной форсунки подает первый поток 950 топлива первого типа топлива непосредственно в цилиндр (например, непосредственно в камеру 912 сгорания цилиндра), а вторая система подачи топлива подает второй поток 960 топлива опосредованно в цилиндр через впускной узел. Сгорание в цилиндре используется для обеспечения работы на выходе (например, на коленчатом валу). В проиллюстрированном варианте осуществления впускной поток 970 воздуха подается через впускной узел, при этом впускной поток воздуха объединяется со вторым потоком топлива для получения топливно-воздушной смеси 980, которая подается в камеру сгорания цилиндра (например, через впускной клапан). Впрыск топлива во впускной узел или его аспект (например, порт) в различных вариантах осуществления позволяет использовать форсунки более низкого давления для второй системы подачи топлива.

Как видно на фиг. 9, впускной узел функционально соединен по текучей среде с цилиндром для подачи воздуха в цилиндр. В некоторых вариантах осуществления впускной узел может быть выполнен в виде порта, сформированного в цилиндре (например, внутри головки 914 цилиндра), или включать его, при этом поток из впускного узла в камеру сгорания управляется впускным клапаном 922. Первый узел топливной форсунки, выполненный с возможностью подачи первого типа топлива непосредственно в цилиндр, в проиллюстрированном примере расположен ближе к верхней части цилиндра. Однако следует отметить, что первый узел топливной форсунки может быть расположен в другом месте, например вдоль боковой части цилиндра для вариантов осуществления, использующих оппозитные поршни в общем цилиндре. Вторая система подачи топлива, которая выполнена с возможностью подачи второго типа топлива во впускной узел, расположена рядом с впускным узлом и сообщается с ним по текучей среде в положении перед цилиндром. Первый тип топлива, который подается непосредственно в цилиндр, в различных вариантах используется для облегчения воспламенения в камере сгорания и может быть, например, дизельным. Второй тип топлива, подаваемый через впускной узел, в различных вариантах осуществления содержит одно или большее количество из водорода, этанола, метанола, бензина, аммиака, природного газа или метана. Соответственно, узел двигателя в соответствии с фиг. 9 обеспечивает впрыск первого типа топлива для воспламенения непосредственно в цилиндр и впрыск второго типа топлива во впускной узел для улучшенного смешивания с воздухом перед сгоранием, с точным и универсальным дозированием топлива через узлы топливных форсунок.

Фиг. 10 представляет блок-схему способа 1000 работы двигателя (например, поршневого двигателя внутреннего сгорания) в соответствии с различными вариантами осуществления. В различных вариантах осуществления способ 1000, например, использует структуры или аспекты различных вариантов осуще-

ствления (например, системы и/или способы, включая способ 700, обсуждаемый в связи с фиг. 7), обсуждаемые в настоящем документе. В различных вариантах осуществления некоторые этапы могут быть исключены или добавлены, некоторые этапы могут быть объединены, некоторые этапы могут выполняться одновременно, определенные этапы могут выполняться одновременно, определенные этапы могут быть разделены на несколько этапов, определенные этапы могут выполняться в другом порядке, или определенные этапы или серии этапов могут быть повторно выполнены итеративно. В различных вариантах осуществления части, аспекты и/или варианты способа 1000 используются в качестве одного или большего количества алгоритмов для указания аппаратному обеспечению выполнения операций, описанных в настоящем документе. В различных вариантах осуществления один или большее количество процессоров (например, блок 120 обработки данных) используют части, аспекты и/или варианты способа 1000 в качестве одного или большего количества алгоритмов управления двигателем. В целом, способ 1000 используется для подачи первого типа топлива через первый узел топливной форсунки и второго типа топлива через вторую систему подачи топлива. Следует отметить, что использование двух типов топлива обсуждается в связи с примером способа, изображенным на фиг. 10. Однако в других вариантах осуществления могут использоваться дополнительные типы топлива и дополнительные узлы топливных форсунок.

На этапе 1002 двигатель запускается. На этапе 1004 по меньшей мере одна первая игла перемещается из закрытого положения в первую конфигурацию подачи топлива, которая соответствует первому составу топливной смеси. По меньшей мере одна первая игла перемещается с помощью по меньшей мере одного первого исполнительного механизма первого узла топливной форсунки и перемещается внутри по меньшей мере одной полости первого сопла. Перемещение по меньшей мере одной первой иглы к первой конфигурации подачи топлива облегчает подачу первого количества первого типа топлива через первые отверстия первого сопла в цилиндр. Когда первый узел топливной форсунки находится в закрытом положении, предотвращается течение текучей среды через первые отверстия.

Примерно в то же время, когда происходит перемещение по меньшей мере одной первой иглы в первую конфигурацию подачи топлива, на этапе 1006 осуществляется управление второй системой подачи топлива (например, приводится в действие игла топливной форсунки) для обеспечения первого количества второго типа топлива, соответствующего первому составу топливной смеси, когда первый узел топливной форсунки находится в первой конфигурации подачи топлива. Например, по меньшей мере один второй исполнительный механизм может перемещать по меньшей мере одну вторую иглу второй системы подачи топлива. Соответственно, в некоторых вариантах осуществления исполнительные механизмы первого и второго узлов топливных форсунок могут использоваться для перемещения соответствующих игл для обеспечения требуемого количества каждого из первого и второго типов топлива для обеспечения желаемого или целевого состава топливной смеси, имеющего желаемую пропорцию или долю каждого типа топлива. В качестве другого примера можно отрегулировать карбюратор, клапан переменного расхода и/или давление, связанное со второй системой подачи топлива, для подачи другого количества второго типа топлива.

На этапе 1008 по меньшей мере одна первая игла перемещается с помощью по меньшей мере одного первого исполнительного механизма внутри по меньшей мере одной первой полости из первой конфигурации подачи топлива во вторую конфигурацию подачи топлива. Вторая конфигурация подачи топлива соответствует второму составу топливной смеси для подачи второго количества топлива через первые отверстия. Например, по меньшей мере одна первая игла может перемещаться для подачи первого типа топлива при меньшей скорости во второй конфигурации подачи топлива по сравнению с первой конфигурацией подачи топлива. Например, когда для воспламенения используется первый тип топлива, большее относительное количество первого типа топлива может использоваться в течение начального периода прогрева, или большее относительное количество первого типа топлива может использоваться во время части цикла двигателя, соответствующей воспламенению топливно-воздушной смеси в цилиндре.

Примерно в то же время, что и перемещение по меньшей мере одной первой иглы во вторую конфигурацию подачи топлива первого узла топливной форсунки, на этапе 1010 осуществляется управление второй системы подачи топлива для подачи второго количества второго типа топлива, соответствующего второму составу топливной смеси, когда первый узел топливной форсунки находится во второй конфигурации подачи топлива. Соответственно, процентное содержание или доля каждого типа топлива в топливной смеси может точно и надежно варьироваться для учета различных желаемых рабочих характеристик и/или различных количеств доступного топлива.

В некоторых вариантах осуществления первый тип топлива и второй тип топлива могут первоначально подаваться в разные части двигателя перед смешиванием в камере сгорания цилиндра. Например, в проиллюстрированном варианте осуществления первый тип топлива подается через первый узел топливной форсунки непосредственно в цилиндр, а второй тип топлива подается через вторую систему подачи топлива во впускной узел.

Используемые в настоящем документе структуры, ограничения или элементы, которые "выполнены с возможностью" выполнения задачи или операции, конкретно структурно сформированы, сконструированы или адаптированы способом, соответствующим задаче или операции. В целях ясности и во избежа-

ние сомнений объект, который просто может быть изменен для выполнения задачи или операции, не "выполнен с возможностью" выполнения задачи или операции, как используется в настоящем документе. Вместо этого использование термина "выполнен с возможностью", как используется в настоящем документе, обозначает структурные адаптации или характеристики, а также обозначает структурные требования любой структуры, ограничения или элемента, который описан как "выполненный с возможностью" выполнения задачи или операции. Например, блок обработки данных, процессор или компьютер, которые "выполненный с возможностью" выполнения задачи или операции, можно понимать как специально сконструированные для выполнения задачи или операции (например, имеющие одну или большее количество программ или инструкций, хранящихся на нем или используемых в сочетании с ним, приспособленным или предназначенным для выполнения задачи или операции, и/или имеющим компоновку схемы обработки, адаптированной или предназначенной для выполнения задачи или операции). В целях ясности и во избежание сомнений, компьютер общего назначения (который может быть "выполнен с возможностью" выполнения задачи или операции, если он соответствующим образом запрограммирован) не "выполнен с возможностью" выполнения задачи или операции до тех пор, пока он не будет специально запрограммирован или конструктивно изменен для выполнения задачи или операции.

Следует отметить, что конкретная компоновка компонентов (например, количество, типы, размещение и т.п.) проиллюстрированных вариантов осуществления может быть изменена в различных альтернативных вариантах осуществления. Например, в различных вариантах осуществления могут использоваться разные количества заданного модуля или узла, может использоваться другой тип или типы заданного модуля или узла, может быть объединено несколько модулей или узлов (или их аспектов), заданный модуль или узел может быть разделен на множество модулей (или подмодулей) или узлов (или подузлов), один или большее количество аспектов одного или большего количества модулей могут быть разделены между модулями, заданный модуль или узел могут быть добавлены или заданный модуль или узел могут быть опущены.

Следует отметить, что различные варианты осуществления могут быть реализованы аппаратными средствами, программным обеспечением или их комбинацией. Различные варианты осуществления и/или компоненты, например модули или компоненты и контроллеры в них, также могут быть реализованы как часть одного или большего количества компьютеров или процессоров. Компьютер или процессор может содержать вычислительное устройство, устройство ввода, узел отображения и интерфейс, например, для доступа в Интернет. Компьютер или процессор может содержать микропроцессор. Микропроцессор может быть подключен к коммуникационной шине. Компьютер или процессор также могут содержать запоминающее устройство. Запоминающее устройство может содержать оперативное запоминающее устройство (RAM) и постоянное запоминающее устройство (ROM). Компьютер или процессор дополнительно могут содержать устройство хранения, которое может быть жестким диском или съемным запоминающим устройством, таким как твердотельный накопитель, оптический привод и т.п. Устройство хранения также может быть другим подобным средством для загрузки компьютерных программ или других инструкций в компьютер или процессор.

Каждый из используемых в настоящем документе терминов "компьютер", "контроллер" и "модуль" могут содержать любую систему на основе процессора или микропроцессора, включая системы, использующие микроконтроллеры, компьютеры с сокращенным набором команд (RISC), специализированные интегральные схемы (ASIC), логические схемы, GPU, FPGA и любые другие схемы или процессоры, способные выполнять описанные в настоящем документе функции. Вышеприведенные примеры приведены только в качестве примера и, таким образом, никоим образом не предназначены для ограничения определения и/или значения термина "модуль" или "компьютер".

Компьютер, модуль или процессор выполняет набор инструкций, хранящихся в одном или большем количестве элементов хранения, для обработки входных данных. Элементы хранения могут также хранить данные или другую информацию по желанию или необходимости. Элемент хранения может быть в форме источника информации или элемента физической памяти внутри вычислительной машины.

Набор инструкций может содержать различные команды, которые предписывают компьютеру, модулю или процессору как обрабатывающей машине выполнять определенные операции, такие как способы и процессы различных вариантов осуществления, описанных и/или проиллюстрированных в настоящем документе. Набор инструкций может быть в форме программы программного обеспечения. Программное обеспечение может быть в различных формах, таких как системное программное обеспечение или прикладное программное обеспечение, и может быть воплощено в виде материального и постоянно машиночитаемого носителя. Кроме того, программное обеспечение может быть в форме набора отдельных программ или модулей, программного модуля внутри более крупной программы или части программного модуля. Программное обеспечение также может содержать модульное программирование в форме объектно-ориентированного программирования. Обработка входных данных обрабатывающей машиной может осуществляться в ответ на команды оператора, или в ответ на результаты предыдущей обработки, или в ответ на запрос, сделанный другой обрабатывающей машиной.

Используемые в настоящем документе термины "программное обеспечение" и "микропрограммное обеспечение" являются взаимозаменяемыми и включают любую компьютерную программу, хранящуюся

в запоминающем устройстве для выполнения компьютером, запоминающее устройство RAM, запоминающее устройство ROM, запоминающее устройство EPROM, запоминающее устройство EEPROM и энергонезависимое запоминающее устройство RAM (NVRAM). Вышеупомянутые типы запоминающих устройств являются только представленными в качестве примера и, таким образом, не ограничивают типы запоминающих устройств, используемых для хранения компьютерной программы. Отдельные компоненты различных вариантов осуществления могут быть виртуализированы и размещены в вычислительной среде облачного типа, например, чтобы обеспечить динамическое распределение вычислительной мощности, не требуя от пользователя указания местоположения, конфигурации и/или конкретного аппаратного обеспечения компьютерной системы.

Следует понимать, что приведенное выше описание носит иллюстративный, а не ограничительный характер. Например, описанные выше варианты осуществления (и/или их аспекты) могут использоваться в сочетании друг с другом. Кроме того, можно сделать множество модификаций, чтобы адаптировать конкретную ситуацию или материал к идеям изобретения, не выходя за рамки его объема. Размеры, типы материалов, ориентация различных компонентов, а также количество и положение различных компонентов, описанных в настоящем документе, предназначены для определения параметров определенных вариантов осуществления и никоим образом не ограничивают и представляют собой просто примеры вариантов осуществления. Многие другие варианты осуществления и модификации в рамках сущности и объема формулы изобретения будут очевидны специалистам в данной области техники после ознакомления с приведенным выше описанием. Таким образом, объем изобретения должен быть определен со ссылкой на прилагаемую формулу изобретения вместе с полным объемом эквивалентов, на которые распространяется такая формула изобретения. В прилагаемой формуле изобретения термины "включающий" и "в котором" используются как простые английские эквиваленты соответствующих терминов "содержащий" и "при этом". Кроме того, в нижеследующей формуле изобретения термины "первый", "второй", "третий" и т.д. используются просто как метки и не предназначены для наложения числовых требований на их объекты. Кроме того, ограничения нижеследующей формулы изобретения не записаны в формате "средство плюс функция" и не предназначены для интерпретации на основе документа 35 U.S.C. § 112(f), если и до тех пор, пока в таких ограничениях формулы прямо не используется фраза "средство для", за которой следует заявление о функции, не имеющее дальнейшей структуры.

В этом письменном описании используются примеры для раскрытия различных вариантов осуществления, а также для того, чтобы позволить специалисту в данной области техники применять на практике различные варианты осуществления, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых встроенных способов. Патентоспособный объем различных вариантов осуществления определяется формулой изобретения и может содержать другие примеры, которые приходят на ум специалистам в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем формулы изобретения, если примеры имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального языка формулы изобретения, или примеры содержат эквивалентные структурные элементы с существенными отличиями от буквального языка формулы изобретения.

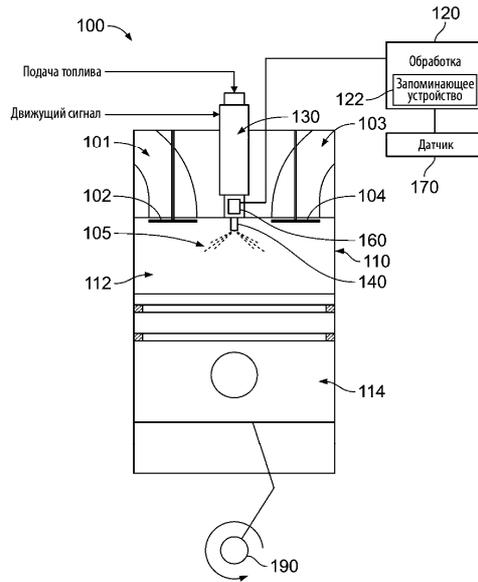
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Узел многотопливной форсунки, содержащий
 - первый узел топливной форсунки, выполненный с возможностью подачи первого типа топлива в цилиндр двигателя, при этом первый узел топливной форсунки содержит первое сопло, первую иглу и первый исполнительный механизм, причем первое сопло содержит первый канал, в котором находится первая игла;
 - вторую систему подачи топлива, выполненную с возможностью подачи второго типа топлива в цилиндр, при этом вторая система подачи топлива содержит второе сопло, вторую иглу и второй исполнительный механизм, причем второе сопло содержит второй канал, в котором находится вторая игла; и
 - один или более процессоров, функционально соединенных с первым узлом топливной форсунки и второй системой подачи топлива, при этом один или более процессоров сконфигурированы для управления первым исполнительным механизмом для перемещения первой иглы из закрытого положения в первое открытое положение в первом канале для подачи первого ненулевого количества топлива первого типа через первое сопло в цилиндр, и один или более процессоров сконфигурированы для управления вторым исполнительным механизмом для помещения второй иглы в открытое положение во втором канале для подачи ненулевого количества топлива второго типа через второе сопло в цилиндр для установления первого состава топливной смеси внутри цилиндра, включающего как первый, так и второй типы топлива.
2. Узел многотопливной форсунки по п.1, отличающийся тем, что первый узел топливной форсунки выполнен с возможностью впрыска первого типа топлива непосредственно в цилиндр и вторая система подачи топлива выполнена с возможностью подачи второго типа топлива во впускной узел, который соединен по текучей среде с цилиндром.
3. Узел многотопливной форсунки по п.1, отличающийся тем, что первый исполнительный меха-

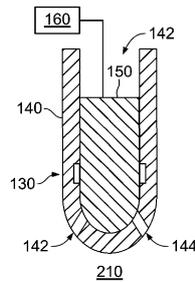
низ содержит по меньшей мере первую катушку и вторую катушку, расположенные вокруг первой иглы, и один или более процессоров сконфигурированы для активации первой катушки для помещения первой иглы в первое открытое положение и активации второй катушки вместе с первой катушкой или вместо нее для помещения первой иглы во второе открытое положение в первом канале для подачи второго ненулевого количества топлива первого типа через первое сопло в цилиндр.

4. Узел многотопливной форсунки по п.1, отличающийся тем, что первое сопло содержит первый набор сопловых отверстий и второй набор сопловых отверстий, при этом первая игла в первом открытом положении пропускает топливо первого типа через первый набор сопловых отверстий, но не через второй набор сопловых отверстий.

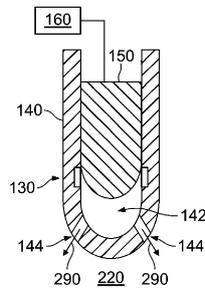
5. Узел многотопливной форсунки по п.1, отличающийся тем, что первая игла является внешней иглой и первый узел топливной форсунки содержит внутреннюю иглу, расположенную с возможностью перемещения во внешней игле.



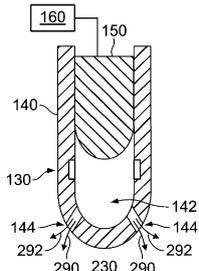
Фиг. 1



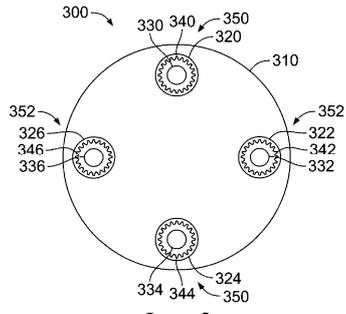
Фиг. 2А



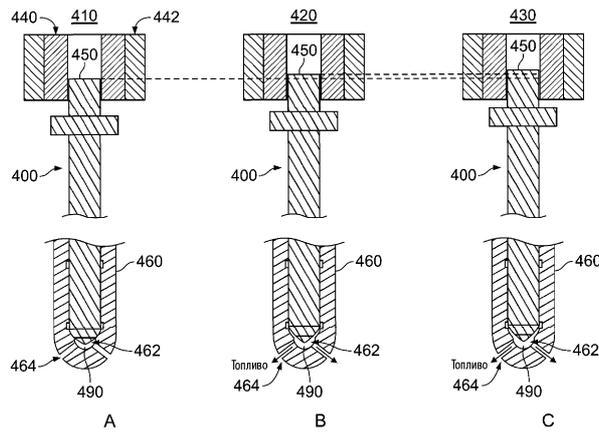
Фиг. 2В



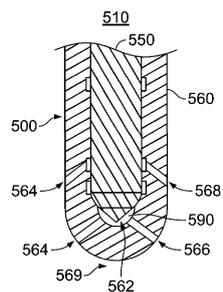
Фиг. 2С



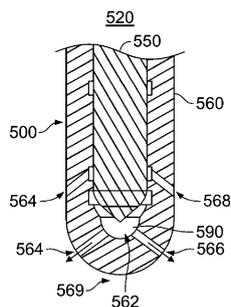
Фиг. 3



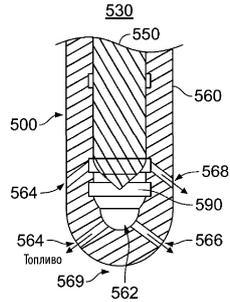
Фиг. 4



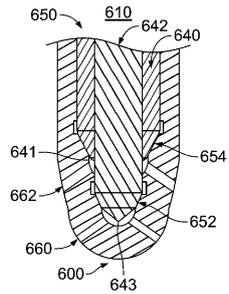
Фиг. 5А



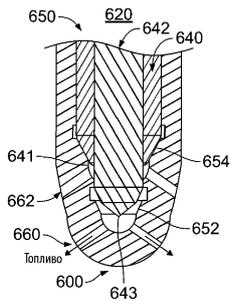
Фиг. 5В



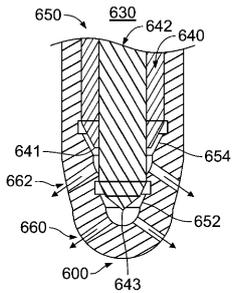
Фиг. 5С



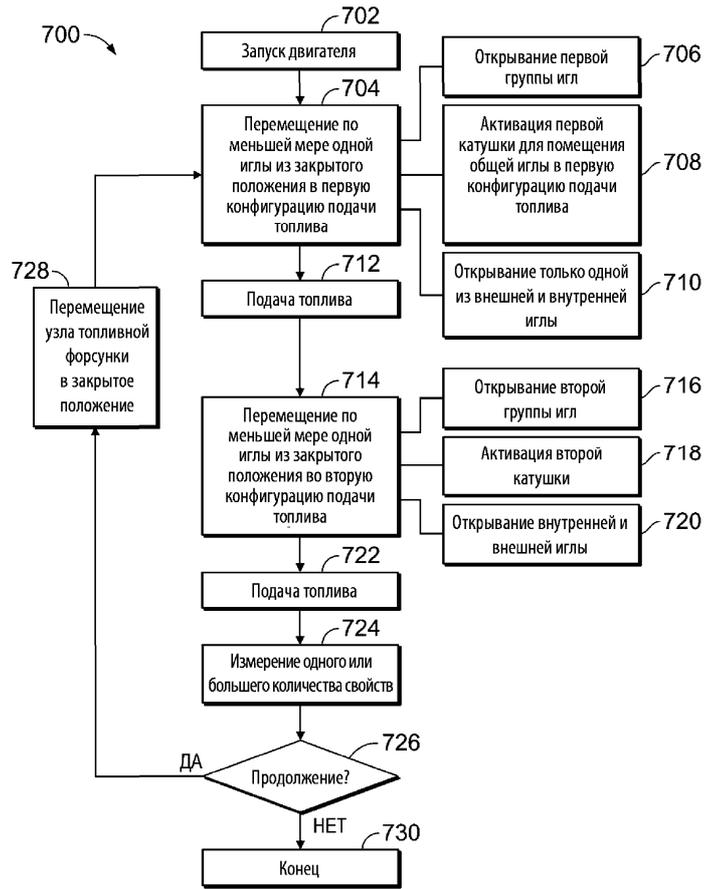
Фиг. 6А



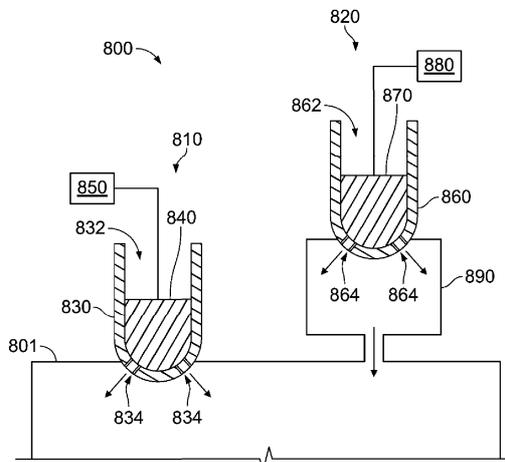
Фиг. 6В



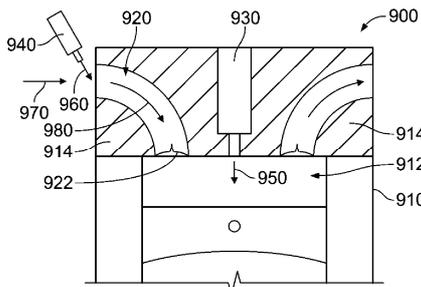
Фиг. 6С



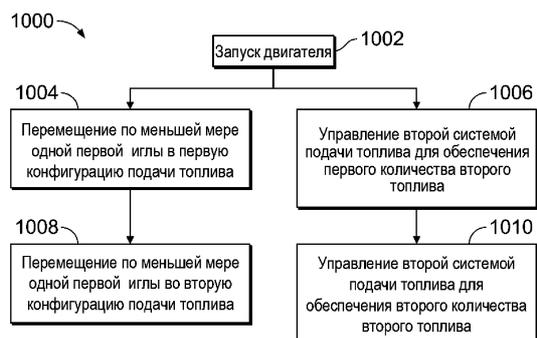
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

