

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042585**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.03.01**

(21) Номер заявки  
**202192184**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.09.03**

(51) Int. Cl. **F02D 41/22** (2006.01)  
**F02D 41/30** (2006.01)  
**F02M 65/00** (2006.01)

---

**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗА ТОПЛИВНОГО ИНЖЕКТОРА**

---

(31) **63/074,324; 17/465,347**

(32) **2020.09.03; 2021.09.02**

(33) **US**

(43) **2022.03.31**

(56) **US-A1-20140360255**  
**US-B1-6192854**  
**US-A1-20140182550**  
**DE-A1-102005034449**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТРАНСПОРТЕЙШН АЙПИ**  
**ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)**

(72) Изобретатель:  
**Наир Никхил, Чандрашеккар Бхаратх**  
**(IN), Мишлер Джеймс Роберт (US),**  
**Перни Шри Харша (IN)**

(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)**

(57) Система содержит один или большее количество процессоров, которые сконфигурированы для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения поставленной задачи. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива и ожидаемой скорости расхода топлива. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для выполнения ответного действия при определении, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

**B1****042585****042585****B1**

### **Связанные заявки**

Настоящая заявка претендует на приоритет заявки на патент США № 63/074324 под названием "Системы и способы для обнаружения отказа топливного инжектора", зарегистрированный 3 сентября 2020 г., содержание которой полностью включено в настоящий документ путем ссылки.

### **Предпосылки создания изобретения**

#### **Область техники**

Предметом изобретения являются системы и способы для использования при обнаружении отказов топливного инжектора, например, для обнаружения закрытия одного или большего количества топливных инжекторов во время работы двигателя при использовании по назначению.

#### **Уровень техники**

Двигатели внутреннего сгорания могут использоваться во множестве приложений. В двигателях внутреннего сгорания могут использоваться топливные инжекторы для управления количеством и моментом времени при вводе топлива в один или большее количество цилиндров. Во время использования топливный инжектор может получить повреждение, вызывающее закрытие клапана ограничения топлива, что блокирует поток топлива через топливный инжектор к соответствующему цилиндру. Обычные способы электрической диагностики двигателей позволяют обнаружить отказ, связанный с электрической частью, например разомкнутую цепь или короткое замыкание во время работы двигателя, но не закрытие клапана ограничения топлива. Кроме того, обычные подходы для обнаружения неработающих цилиндров применяют в особых условиях, когда двигатель не используется по назначению, для чего требуется перевести двигатель в режим холостого хода. Соответственно, использование обычных подходов приводит к периодическому выводу двигателя из эксплуатации, чтобы выявить закрытие клапанов ограничения топлива, что увеличивает время и расходы на диагностику, а следовательно, повышает износ частей двигателя до выявления закрытия.

#### **Краткое описание**

В одном из вариантов выполнения настоящего изобретения система содержит один или большее количество процессоров, который сконфигурирован для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения поставленной задачи. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для выполнения ответного действия при определении, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

В одном из вариантов выполнения настоящего изобретения предлагаемый способ включает работу двигателя внутреннего сгорания в заранее заданном режиме эксплуатации. Способ также включает получение измеренной скорости расхода топлива для двигателя, в то время как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения поставленной задачи. Далее способ включает сравнение измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации. Способ также включает определение, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива. Способ дополнительно включает выполнение ответного действия при определении, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

В еще одном варианте выполнения настоящего изобретения система содержит двигатель внутреннего сгорания, топливный инжектор и один или большее количество процессоров. Топливный инжектор связан с двигателем и снабжает топливом двигатель. У топливного инжектора имеется ограничитель потока инжектора, перемещающийся между открытым состоянием и закрытым состоянием. В открытом состоянии топливо подается в двигатель внутреннего сгорания через топливный инжектор. В закрытом состоянии топливо через топливный инжектор в двигатель внутреннего сгорания не подается. Один или большее количество процессоров связаны с двигателем внутреннего сгорания. Этот один или большее количество процессоров сконфигурирован для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации при выполнении поставленной задачи. Кроме того, этот один или большее количество процессоров сконфигурирован для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации и определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе этого сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива. Кроме того, указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для выполнения ответного действия при определении, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

#### **Краткое описание чертежей**

Предмет изобретения можно понять из последующего описания неограничивающих вариантов его

выполнения со ссылками на сопровождающие чертежи, где

на фиг. 1 показана блок-схема системы;

на фиг. 2 схематично показано сечение топливного инжектора для системы, показанной на фиг. 1; и

на фиг. 3 показана последовательность операций для предлагаемого способа.

#### **Подробное описание**

Варианты выполнения настоящего изобретения относятся к системам и способам для определения или идентификации повреждения двигателя внутреннего сгорания. Например, различные варианты выполнения настоящего изобретения обеспечивают лучшее определение или идентификацию закрытого состояния одного или большего количества топливных инжекторов, например, в то время, когда двигатель используется для перемещения транспортного средства вдоль маршрута.

В общем случае, всякий раз при отказе цилиндра, полный поток топлива в оставшиеся рабочие цилиндры увеличивается для сохранения желательной скорости работы двигателя. Различные варианты выполнения настоящего изобретения осуществляют мониторинг изменения потока топлива и определяют закрытие инжекторов на основе сравнения измеренного потока топлива с ожидаемым потоком топлива для сходных условий работы.

Например, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения вычисляют среднее количество топлива на цилиндр для одного или большего состояний работы двигателя через равные временные интервалы (например, когда нет никаких переходных процессов в течение некоторого времени), и сохраняют эту информацию. Затем хранящуюся информацию используют, чтобы узнать расход топлива на цилиндр в соответствующем режиме (режимах) работы двигателя. Различные варианты выполнения настоящего изобретения учитывают износ инжектора и/или вариации параметров в партии двигателей путем использования полосы или диапазона скоростей расхода топлива на основе известных параметров износа и и/или известных вариаций параметров отдельных инжекторов (например, известных допусков). В различных вариантах выполнения настоящего изобретения используется нейронная сеть для изучения параметров потребления и установки эталонного или ожидаемого уровня расхода топлива. Нейронную сеть в различных вариантах выполнения настоящего изобретения обучают различать медленные изменения расхода топлива (например, вследствие износа инжекторов) и быстрые изменения (например, вследствие переходной нагрузки).

Затем можно осуществлять мониторинг величины расхода топлива и сравнивать ее с эталонными или ожидаемыми значениями. Если измеренная или полученная мониторингом величина выходит за заранее заданные пределы диапазона или полосы (или другого ожидаемого значения), может быть идентифицировано закрытое состояние. Можно исследовать другие возможные причины и, если никаких других возможных причин не существуют, можно сделать вывод о закрытом состоянии. Например, блок управления двигателем (ECU) может независимо контролировать отказы в электрике. Другой пример: механические отказы (например, в работе коленчатого вала) можно идентифицировать на основе определенных параметров, таких как высокая температура воды и/или масла.

Различные варианты выполнения настоящего изобретения обеспечивают повышенную надежность двигателя, осуществляя раннее обнаружение отказа инжектора. Кроме того, различные варианты выполнения настоящего изобретения обеспечивают улучшенную защиту топливной системы, способствуя предотвращению попадания выхлопных газов в топливопроводы через сопло вследствие пониженного противодавления или его отсутствия.

Хотя в данном документе рассматриваются различные примеры в связи с железнодорожными транспортными средствами, следует отметить, что не все варианты выполнения настоящего изобретения, описанные здесь, ограничены системами железнодорожного транспорта. Например, один или большее количество вариантов выполнения настоящего изобретения может использоваться в связи с гибридными электромобилями. Например, один или большее количество вариантов выполнения систем обнаружения и способов, описанных здесь, может использоваться в связи с другими типами транспортных средств, такими как легковые автомобили, грузовики, автобусы, транспортные средства для горнодобычи, морские суда, самолеты, сельскохозяйственные машины и т.п.

На фиг. 1 показана блок-схема системы 100. Система 100 содержит двигатель 110 внутреннего сгорания, топливный инжектор 120 и процессорный блок 130. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения система используется для обеспечения энергии движения железнодорожного транспортного средства. В других вариантах выполнения настоящего изобретения система может использоваться в связи с другими транспортными средствами, такими как легковые автомобили, грузовики или суда.

В различных вариантах выполнения настоящего изобретения двигатель внутреннего сгорания содержит несколько цилиндров 112, имеющих по меньшей мере один топливный инжектор на цилиндр. В показанном варианте выполнения настоящего изобретения двигатель внутреннего сгорания содержит четыре цилиндра, имеющих по одному топливному инжектору на каждый цилиндр. В других вариантах выполнения настоящего изобретения может быть использована другая конфигурация. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения двигатель внутреннего сгорания сконфигурирован для использования дизельного топлива и для работы в железнодорожном транспортном средстве. Однако сле-

дует отметить, что в альтернативных вариантах выполнения настоящего изобретения могут быть использованы другие типы топлива и/или другие типы транспортных средств. Например, двигатель внутреннего сгорания может быть сконфигурирован для использования, дополнительно или альтернативно к дизельному топливу, автомобильного топлива для двигателей внутреннего сгорания или природного газа.

Каждый топливный инжектор связан с двигателем внутреннего сгорания и сконфигурирован для подачи топлива в двигатель внутреннего сгорания. В показанном варианте выполнения настоящего изобретения каждый топливный инжектор подает топливо в отдельный цилиндр, с которым соединен этот топливный инжектор. Пример отдельного топливного инжектора показан на фиг. 2. Топливный инжектор определяет путь, по которому управляемое количество топлива попадает в цилиндр. Кроме того, в показанном примере топливный инжектор содержит ограничитель 122 потока инжектора. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения ограничитель потока инжектора содержит клапан, который перекрывает поток через топливный инжектор в цилиндр, когда нарушается работа одного или большего количества элементов топливного инжектора. Например, в показанном примере топливный инжектор содержит тройник 124, используемый для подачи топлива через ограничитель потока инжектора. Топливный инжектор содержит также корпус 126 инжектора, соленоидный клапан 128 и сопло 129. Ограничитель потока инжектора сконфигурирован так, чтобы, если соленоидный клапан или сопло выходит из строя, препятствовать вытеканию топлива из тройника в цилиндр через ограничитель потока инжектора. Вместо этого топливо, идущее в тройник, направляется в другие цилиндры, минуя соленоидный клапан и сопло показанного топливного инжектора.

В показанном примере ограничитель потока инжектора переходит между открытым состоянием и закрытым состоянием. В общем случае в открытом состоянии топливо поступает в двигатель внутреннего сгорания (например, цилиндр) через топливный инжектор. В закрытом состоянии топливо не подается в двигатель внутреннего сгорания через топливный инжектор. Например, когда нет никаких повреждений в пределах топливного инжектора и двигатель внутреннего сгорания работает, ограничитель потока инжектора находится в открытом состоянии и топливо поступает в двигатель внутреннего сгорания через топливный инжектор. Однако, реагируя на отказ одного или большего количества элементов топливного инжектора, ограничитель потока инжектора закрывается (или переходит из открытого состояния в закрытое состояние, например, закрывая клапан), чтобы перекрыть поток через топливный инжектор в цилиндр, ассоциированный с этим топливным инжектором. Это закрытие помогает уменьшить или предотвратить дальнейшее повреждение, которое может последовать вследствие неуправляемого потока топлива через топливный инжектор, а также отключает топливо от ассоциированного цилиндра, что замедляет работу двигателя и/или снижает его эффективность.

Например, для сохранения заданного уровня производительности двигателя внутреннего сгорания (например, желаемой скорости, мощности или вращающего момента), можно выдавать больше топлива другим цилиндрам, компенсируя бездействие любых цилиндров, у которых топливные инжекторы находятся в закрытом состоянии, что приводит к более высокой скорости расхода топлива для двигателя в целом, когда один или большее количество цилиндров оказываются не задействованы из-за закрытого состояния инжектора. Это позволяет двигателю внутреннего сгорания продолжать работу, оставаясь в пределах желаемых выходных параметров, но увеличивает износ других цилиндров, и/или повышает вероятность повреждений других цилиндров, и/или снижает эффективность работы. В типичных известных подходах проверяют, находится ли топливный инжектор в закрытом состоянии, лишь когда двигатель внутреннего сгорания переведен в режим офлайн. В контексте настоящего описания режимом офлайн считается такой, когда двигатель внутреннего сгорания не используется для выполнения поставленной задачи. В отличие от таких известных подходов различные варианты выполнения настоящего изобретения предусматривают определение или идентификацию закрытого состояния, когда двигатель внутреннего сгорания работает в режиме онлайн. В контексте настоящего описания режим онлайн означает, что двигатель внутреннего сгорания используется для выполнения поставленной задачи (например, когда двигатель внутреннего сгорания используется для перемещения транспортного средства, чтобы выполнить задачу или совершить поездку).

На фиг. 1 изображенный процессорный блок соединен с двигателем внутреннего сгорания. Например, показанный процессорный блок в различных вариантах выполнения настоящего изобретения сконфигурирован для подачи управляющих команд в один или большее количество элементов двигателя внутреннего сгорания и приема информации из двигателя внутреннего сгорания (например, от датчиков). Например, показанная система содержит датчик 102 расхода, связанный с топливным трубопроводом 104, который подает топливо в цилиндры двигателя внутреннего сгорания. Процессорный блок принимает из датчика расхода информацию, соответствующую количеству топлива, поданного в двигатель внутреннего сгорания. Процессорный блок может также принимать информацию из других датчиков, расположенных на элементах транспортного средства, помимо двигателя внутреннего сгорания (например, датчиков температуры). Дополнительно или альтернативно процессорный блок может быть ассоциирован с блоком управления двигателем (EQU) или входить в его состав.

Следует отметить, что в дополнение или альтернативно к использованию одного или большего количества датчиков расхода скорость расхода топлива можно также вычислить или оценить процессор-

ным блоком и/или другим процессором. Текущее рабочее состояние двигателя можно оценить, например, с использованием информации, полученной из различных датчиков, с использованием заранее откалиброванных моделей работы цилиндра. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения можно использовать контроллер для оценки скорости потока топлива, необходимой для поддержания желательных рабочих характеристик.

Показанный процессорный блок сконфигурирован для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время как этот двигатель внутреннего сгорания работает в заранее заданном режиме эксплуатации, выполняя поставленную задачу. Измеренная скорость расхода топлива может быть, например, полным потоком или расходом топлива для двигателя внутреннего сгорания, или средним потоком или расходом топлива на цилиндр (на основе анализа всех цилиндров, включая рабочие и не рабочие сейчас цилиндры). Заранее заданный режим работы в различных вариантах выполнения настоящего изобретения соответствует двигателю, установленному на определенный уровень производительности. Например, заранее заданный режим работы может задаваться положением дросселя (например, холостой ход, N1, N2, N3 и т.д.) В общем случае скорость расхода топлива будет расти, когда один или большее количество цилиндров не будут работать, по сравнению с тем, когда все цилиндры работают, чтобы сохранить заданную производительность или параметры работы двигателя. Другой пример: заранее заданный режим работы может быть заданием скорости в оборотах в минуту или другой установкой, соответствующей нагрузке и/или выходным параметрам двигателя.

Кроме того, показанный процессорный блок сконфигурирован для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации. Например, ожидаемая скорость расхода топлива может быть определена для каждого из множества рабочих условий априорно и сохранена для использования процессорным блоком (например, в памяти 132). В различных вариантах выполнения настоящего изобретения для каждого из множества положений дросселя определяют ожидаемую информацию о скорости расхода топлива для двигателя со всеми работающими цилиндрами и сохраняют для использования процессорным блоком. Например, первая информация о скорости расхода топлива хранится для первого положения дросселя, вторая информация о скорости расхода топлива хранится для второго положения дросселя и так далее. Процессорный блок затем может быть сконфигурирован (например, запрограммирован), чтобы определить, в каком положении находится дроссель работающего двигателя внутреннего сгорания, выбрать соответствующую ожидаемую скорость расхода топлива для этого конкретного положения дросселя и сравнить измеренную скорость расхода топлива (например, даваемую датчиком расхода и/или определенную с использованием модели) с ожидаемой скоростью расхода топлива для этого конкретного положения дросселя. Следует отметить, что в различных вариантах выполнения настоящего изобретения дополнительно или альтернативно к скорости расхода топлива можно использовать другие рабочие параметры двигателя.

Кроме того, показанный процессорный блок сконфигурирован, чтобы определить, находится ли ограничитель потока инжектора (например, один или большее количество ограничителей потока инжектора) в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения это определение делают на основе априорного знания о работе двигателя. Например, если измеренный расход топлива соответствует известной и/или смоделированной скорости для двигателя, у которого работают все цилиндры, и находится в пределах заранее заданного допуска, определяют, что все цилиндры работают и никакие топливные ограничители не закрыты. Однако, если измеренная скорость расхода топлива соответствует известной и/или смоделированной скорости для двигателя с одним или большим количеством неработающих цилиндров, можно определить, что закрытое состояние имеется (или, как сформулировано здесь, что возможно имеет место закрытое состояние). В некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок определяет, закрыт ли один или большее количество ограничителей потока инжектора, не конкретизируя, какой именно ограничитель (ограничители) потока инжектора закрыт, в то время как в других вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок идентифицирует один или большее количество конкретных закрытых ограничителей потока инжектора. Следует отметить, что в различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок дополнительно сконфигурирован, чтобы отличить условие закрытия ограничителя от другого возможного отказа двигателя и/или топливного инжектора. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок использует модель (например, нейронную обучаемую модель), чтобы определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии.

Например, нейронная сеть можно обучать с использованием информации, полученной из двигателя внутреннего сгорания (и/или сопоставимого двигателя), работающего в известных условиях (например, при различных комбинациях работающих цилиндров в различных условиях эксплуатации, таких как положение дросселя). Например, нейронная сеть может обучаться с использованием информации, полученной, когда двигатель работает в конкретном положении дросселя при всех работающих цилиндрах, а также в этом же положении, когда один или большее количество цилиндров выключены путем закрытия ограничителя потока инжектора. Сеть может обучаться для каждого из множества условий эксплуатации (например, при множестве различных положений дросселя). Затем модель можно применить при

эксплуатации двигателя на основе конкретного режима эксплуатации (например, конкретного положения дросселя), используемого в это время.

Соответственно, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок использует известные или заранее смоделированные скорости расхода топлива для условия (или условий), когда все цилиндры работают, а также известный или смоделированный расход топлива для ситуации, когда один или большее количество цилиндров не работает. Следует отметить, что обучаемая модель нейронной сети может обновляться во время продолжения эксплуатации двигателя.

В различных вариантах выполнения настоящего изобретения обучаемая модель нейронной сети может быть использована процессорным блоком для идентификации вариаций топлива вследствие износа инжектора и/или для идентификации вариаций топлива вследствие переходных операций (например, при использовании дополнительных нагрузок, таких как кондиционирование воздуха). Например, нейронная сеть может обучаться с использованием инжекторов известного возраста или срока эксплуатации, чтобы выявить изменения в поведении инжекторов и соответствующие изменения скорости расхода топлива по мере того, как инжекторы изнашиваются. Дополнительно или альтернативно, состояние различных вспомогательных или других переходных нагрузок можно идентифицировать во время обучения нейронной сети, чтобы модель могла выявить скорость расхода топлива во время таких переходных нагрузок и отличать такие переходные эффекты от состояния закрытия инжектора.

Следует отметить, что в контексте настоящего описания термин "скорость расхода топлива" не обязательно указывает лишь на единственное постоянное значение. Например, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок сконфигурирован для сравнения измеренной скорости расхода топлива с диапазоном скоростей для ожидаемой скорости расхода топлива. Чтобы снизить ложные определения или идентификации закрытого состояния, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения диапазон скоростей сконфигурирован так, чтобы учесть по меньшей мере или износ инжектора, или вариации допусков на параметры инжектора. Например, этот диапазон может быть определен (например, с помощью обучаемой модели нейронной сети) на основе известных или измеренных вариаций рабочих характеристик вследствие износа и/или вариаций допуска, полученных при работе двигателя в известных условиях (например, при известных состояниях износа инжектора и рабочих характеристик при известном положении дросселя).

Кроме того, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок сконфигурирован так, чтобы после идентификации потенциально закрытого состояния определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, путем определения, выполняется ли одно или большее количество дополнительных условий отказов. Например, сравнение измеренного и ожидаемого расходов топлива может быть использовано, чтобы выявить заранее определенное потенциально закрытое состояние. Затем, если сравнение расхода топлива соответствует потенциально закрытому состоянию, процессорный блок в различных вариантах выполнения настоящего изобретения определяет, присутствуют ли дополнительные отказы. Примеры дополнительных отказов, которые могут быть идентифицированы процессорным блоком, включают электрические отказы и/или механические отказы. Дополнительные отказы можно идентифицировать с использованием информации из других систем и/или датчиков, расположенных на борту транспортного средства, и/или ввода данных оператором. Если определено, что дополнительный отказ присутствует, процессорный блок может приписать отклонение скорости потока топлива от ожидаемого этому дополнительному отказу; однако, если никаких дополнительных отказов не идентифицировано, процессорный блок может классифицировать потенциальное закрытое состояние как подтвержденное закрытое состояние.

Как сказано выше, расход топлива можно измерить датчиком 102 расхода и/или оценить процессорным блоком (например, с использованием модели). В некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения датчик 102 может расхода отсутствовать (например, чтобы снизить стоимость), и расход топлива можно оценить процессорным блоком.

В вариантах выполнения настоящего изобретения, в которых используется датчик расхода топлива, для измерения потока можно использовать некоторые дополнительные шаги. Например, можно отметить, что, когда цилиндр "мертв" (то есть, не производит мощность), фактический полный поток к двигателю может увеличиваться или не увеличиваться в зависимости от эффективности работы в этой рабочей точке. Кроме того, это увеличение может быть трудно точно измерить датчиком расхода. Кроме того, следует заметить, что оцененная блоком управления двигателем (EQU) величина расхода топлива будет более чувствительна к такому увеличению и даст лучшее разрешение, чем датчик. Соответственно, в случаях, когда используется датчик расхода, можно выполнить дополнительные шаги.

Например, во-первых, можно определить эталонное значение в определенных рабочих условиях (например, аналогично другим подходам, рассмотренным здесь). В это время можно использовать фактическое значение потока из датчика для корректировки любых пробелов в знаниях о потоке (например, вследствие длительного износа инжектора и/или по другим причинам). Нейронная сеть может использоваться для изучения и установления эталонного значения, включая изучение разницы между медленными изменениями (например, вследствие длительного износа инжектора) и быстрыми изменениями (например, изменениями в режиме работы). Можно определить диапазоны значений для типичных известных

вариаций.

Затем расход топлива можно контролировать снова в том же самом режиме эксплуатации и сравнивать с эталонным или фактическим потребляемым потоком. Если изменение находится вне диапазона, можно проанализировать любые другие проблемы, связанные с отказами силовой установки. Если ни одна не обнаружена, можно установить флажок для возможного случая закрытия ограничителя потока.

В рассматриваемом варианте выполнения настоящего изобретения, если определено закрытое состояние (например, на основе потока, оцененного процессором и/или измеренного датчиком), показанный процессорный блок сконфигурирован для выполнения ответного действия, зависящего от определения, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии. Например, процессорный блок может подать звуковой и/или визуальный сигнал тревоги или выдать сообщение оператору двигателя внутреннего сгорания (например, оператору транспортного средства, содержащего двигатель внутреннего сгорания), что один или большее количество цилиндров не работают. В другом примере процессорный блок может выдать сигнал тревоги и/или сообщение в обслуживающую систему или организацию и/или может запланировать обслуживание для дальнейшей идентификации деталей повреждения топливного инжектора, и/или ремонта, или замены топливного инжектора (инжекторов).

В качестве еще одного примера ответного действия процессорный блок (например, ECU) может выполнить операцию восстановления, чтобы открыть закрытый инжектор. Например, закрытый ограничитель потока можно открыть, если общее давление в канале падает до очень низкого значения. Соответственно, как только закрытый инжектор обнаружен, как рассмотрено выше в некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения, процессорный блок заставляет двигатель войти в специфический рабочий режим, в котором скорость двигателя увеличивается, а поток топлива в общий канал перекрывается, но все еще продолжая инжекцию топлива. Как только давление в канале понизится до очень низкого уровня, ограничитель потока откроется и ECU может позволить топливу снова течь к двигателю, и повторно выполнить проверку обнаружения закрытого инжектора, чтобы узнать, восстановилась ли работа инжектора. Как только будут получены окончательные результаты, их можно довести до оператора.

В различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок расположен на борту транспортного средства, в котором установлен двигатель внутреннего сгорания, и может быть использован для выполнения задач, дополнительных по отношению к рассмотренным. Например, в некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения задачи или шаги, выполняемые процессорным блоком, могут быть выполнены блоком управления двигателем (EQU) совместно с показанным процессорным блоком, представляющим один или большее количество элементов EQU. Следует отметить, что показанный в различных вариантах выполнения настоящего изобретения процессорный блок сконфигурирован для выполнения одного или большего количества шагов способов, рассмотренных здесь (например, способа 300). Кроме того, процессорный блок может содержать дисплей или быть связанным с дисплеем, который может использоваться, например, для выдачи указания, что один или большее количество топливных инжекторов находится в закрытом состоянии, оператору транспортного средства, и/или системы обслуживания, и/или системы планирования.

Показанный процессорный блок содержит память 132. На чертеже он показан как единственный процессорный блок, однако можно считать, что процессорный блок содержит один или большее количество процессоров, которые в некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения могут быть распределены или удалены друг от друга.

Процессорный блок в различных вариантах выполнения настоящего изобретения содержит процессорную схему, сконфигурированную для выполнения одной или большего количества задач, функций или шагов, рассмотренных выше (например, способа 300 или аспектов с ним связанных). Следует отметить, что термин "процессорный блок" в контексте настоящего описания не обязательно ограничен единственным процессором или компьютером. Например, процессорный блок может содержать множество процессоров и/или компьютеров, которые могут быть объединены в общем корпусе или блоке или которые могут быть распределены среди различных блоков или корпусов.

В общем случае различные элементы (например, программируемые модули) процессорного блока работают отдельно или совместно с другими элементами, выполняя один или большее количество аспектов способов, шагов или процессов, рассмотренных выше (например, способа 300 или его аспектов). В показанном варианте выполнения настоящего изобретения память содержит материальный считываемый компьютером носитель, на котором хранятся инструкции для выполнения одного или большего количества аспектов способов, шагов или процессов, рассмотренных выше.

На фиг. 3 показана последовательность операций для способа 300 (например, способа диагностики двигателя внутреннего сгорания, включающего идентификацию закрытого ограничителя потока инжектора). Операции на фиг. 3 могут быть осуществлены одним или большим количеством процессоров, выполняющими инструкции по программе, хранящейся в памяти. В способе 300 могут использоваться, например, конструкции или элементы различных вариантов выполнения настоящего изобретения (например, систем и/или способов), рассмотренных выше, таких как система, рассмотренная в связи с фиг. 1. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения некоторые шаги (или операции) могут быть опущены или добавлены, некоторые шаги могут быть скомбинированы, некоторые шаги могут быть вы-

полнены одновременно, определенные шаги могут быть выполнены параллельно, некоторые шаги могут быть разбиты на множество шагов, некоторые шаги могут быть выполнены в другом порядке, или некоторые шаги или группы шагов могут быть выполнены повторно в виде итераций. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения части, аспекты и/или вариации способа 300 могут использоваться в качестве одного или большего количества алгоритмов для аппаратных средств для выполнения одной или большего количества операций, описанных выше. Следует отметить, что можно использовать и другие способы в соответствии с вариантами выполнения настоящего изобретения, раскрытыми выше.

На шаге 302 двигатель внутреннего сгорания (например, двигатель 110 внутреннего сгорания) работает в заранее заданном режиме эксплуатации. Заранее заданный режим эксплуатации в различных вариантах выполнения настоящего изобретения соответствует нагрузке или выходной мощности двигателя. Например, заранее заданный режим эксплуатации может соответствовать положению дросселя.

На шаге 304 получают измеренную скорость расхода топлива для двигателя. Измеренную скорость расхода топлива получают, когда двигатель работает в заранее заданном режиме для выполнения задачи. Например, измеренную скорость расхода топлива можно получить по известному положению дросселя, когда транспортное средство осуществляет поездку. Измеренную скорость расхода топлива можно получить с использованием одного или большего количества датчиков, ассоциированных с подачей топлива, и передать в процессорный блок (например, EQU транспортного средства) для дальнейшего использования. Альтернативно или дополнительно, измеренную скорость расхода топлива можно получить с использованием модели или другой оценки, выполненной процессорным блоком (например, EQU транспортного средства).

На шаге 306 измеренную скорость расхода топлива сравнивают с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации. Ожидаемую скорость расхода топлива можно определить с использованием статистической информации и/или обучаемой нейронной модели. В показанном примере на шаге 308 измеренную скорость расхода топлива сравнивают с диапазоном скоростей для ожидаемой скорости расхода топлива. Диапазон скоростей формируют, например, с учетом по меньшей мере или износа инжектора или вариаций допуска для инжектора в различных вариантах выполнения настоящего изобретения.

На шаге 310 определяют, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии. Определение производят на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемым расходом топлива. В различных вариантах выполнения настоящего изобретения это определение производят с использованием обучаемой модели нейронной сети, которую обучают распознавать вариации топлива вследствие износа инжектора и/или распознать вариации топлива вследствие переходных операций. В показанном примере, если измеренная скорость расхода топлива находится в пределах ожидаемого диапазона (или значения) или же другим образом соответствует ожидаемому диапазону (или значению) расхода топлива (и/или выяснено, что отклонение вызвано переходной операцией и/или износу инжектора), делают вывод, что никакие ограничители потока инжектора не находятся в закрытом состоянии. Однако, если измеренная скорость расхода топлива не находится в пределах или же другим образом не соответствует ожидаемому диапазону (или значению), делают вывод, что возможно закрытое состояние. Если возможного закрытого состояния не выявлено, способ 300 возвращается на шаг 304 для продолжения мониторинга двигателя. Если возможное закрытое состояние выявлено, способ 300 переходит к шагу 312.

После того, как в показанном примере возможное закрытое состояние идентифицировано, на шаге 312 определяют, имеется ли один или большее количество дополнительных отказов. Например, может быть определено, что имеется электрический отказ и/или механический отказ. Если дополнительный отказ имеется, на шаге 314 можно выполнить ответное действие, соответствующее этому дополнительному отказу. Например, может быть выдано сообщение или сигнал тревоги, указывающий на природу этого дополнительного отказа.

Если никакого дополнительного отказа не обнаружено, делают вывод, что имеет место подтвержденное закрытое состояние, и на шаге 316 выполняют ответное действие. Это ответное действие может включать, например, выдачу сообщения или предупреждения оператору транспортного средства, и/или системе обслуживания, и/или системе планирования. Другой пример: можно выполнить операцию восстановления, чтобы открыть инжектор. Соответственно, после обнаружения закрытого инжектора этот закрытый инжектор может быть быстро идентифицирован и восстановлен, отремонтирован или заменен, что уменьшает или сводит к минимуму любой дополнительный износ двигателя.

В еще одном варианте выполнения настоящего изобретения система содержит один или большее количество процессоров. Этот один или большее количество процессоров сконфигурирован для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, когда двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения задания; сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации; определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива; и выполнения ответного действия, зависящего от определения, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоя-



нии.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров дополнительно сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с диапазоном скоростей для ожидаемой скорости расхода топлива. Например, этот диапазон скоростей может быть сконфигурирован так, чтобы учесть по меньшей мере или износ инжектора, или вариации допуска для параметров инжектора.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемым расходом топлива и определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, с использованием модели, обучаемой с помощью нейронной сети, в заранее заданном режиме эксплуатации. Например, этот один или большее количество процессоров могут быть сконфигурированы с использованием указанной модели, чтобы выявить вариации топлива вследствие износа инжектора и вариаций при переходных операциях.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, путем определения, имеет ли место один или большее количество дополнительных отказов. Например, указанный один или большее количество процессоров могут быть сконфигурированы, чтобы выявить, имеет ли место электрический отказ. Дополнительно или альтернативно, указанный один или большее количество процессоров могут быть сконфигурированы, чтобы выявить, имеет ли место механический отказ.

В одном из вариантов выполнения настоящего изобретения способ включает работу двигателя внутреннего сгорания в заранее заданном режиме эксплуатации. Кроме того, способ также включает получение измеренной скорости расхода топлива для двигателя, когда двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения задачи. Кроме того, способ включает сравнение измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации, и определение, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива. Кроме того, способ дополнительно включает выполнение ответного действия в зависимости от определения, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

В качестве опции сравнивают измеренную скорость расхода топлива с диапазоном скоростей для ожидаемой скорости расхода топлива. Например, в некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения диапазон скоростей конфигурируют с учетом, по меньшей мере, износа инжектора или вариаций допуска для параметров инжекторов.

В качестве опции способ дополнительно включает использование модели, обучаемой посредством нейронной сети, в заранее заданном режиме эксплуатации, чтобы определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии. Например, эта модель может использоваться для выявления вариаций топлива вследствие износа инжектора и вариаций топлива вследствие переходных операций.

В качестве опции определение, имеет ли место одно или большее количество дополнительных отказов, используется для определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии. Например, в некоторых вариантах выполнения настоящего изобретения, способ включает выявление по меньшей мере того, имеет ли место электрический отказ или механический отказ.

В качестве опции выполнение ответного действия включает выполнение операции восстановления, зависящей от определении того, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

В еще одном варианте выполнения настоящего изобретения система содержит двигатель внутреннего сгорания, топливный инжектор и один или большее количество процессоров. Топливный инжектор соединен с двигателем и снабжает его топливом. У топливного инжектора имеется ограничитель потока инжектора, переключающийся между открытым состоянием, в котором топливо подается в двигатель внутреннего сгорания через топливный инжектор, и закрытым состоянием, в котором топливо не подается в двигатель внутреннего сгорания через топливный инжектор. Этот один или большее количество процессоров соединен с двигателем внутреннего сгорания и сконфигурирован, чтобы получить измеренную скорость расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации при выполнении задачи; сравнить измеренную скорость расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации; определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива; и выполнить ответное действие, зависящее от результата определения, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров дополнительно сконфигурированы, чтобы сравнивать измеренную скорость расхода топлива с диапазоном скоростей для ожидаемой скорости расхода топлива.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров дополнительно сконфигурированы, чтобы сравнивать измеренную скорость расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива и определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии с использованием модели, обучаемой с помощью нейронной сети в заранее заданном режиме эксплуатации двигателя.

ля.

В качестве опции указанный один или большее количество процессоров дополнительно сконфигурированы, чтобы определить, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, определяя, имеет ли место один или большее количество дополнительных отказов.

Артикли единственного числа "a" "an" и "the" могут подразумевать и множество элементов, если из контекста четко не следует обратное. "Опция" или "опционный" означает, что описанное далее явление или обстоятельство могут иметь место, а могут и не иметь места, и что описание может содержать моменты, где это событие имеет место, и пример, где так не происходит. Язык аппроксимаций, который используется здесь в описании и формуле изобретения, может быть применен для модификации любого количественного представления, которое может меняться, не вызывая изменения в основной функции, с которой связано. Соответственно, величина, модифицируемая термином или терминами, такими как "около", "по существу" и "приблизительно", не должна ограничиваться точной конкретной величиной. По меньшей мере, в некоторых моментах язык аппроксимаций может соответствовать точности измерительных инструментов. Здесь и повсюду в описании и формуле изобретения ограничения диапазонов могут быть скомбинированы и/или взаимно заменяться; такие диапазоны могут быть заданы и включать все поддиапазоны, содержащиеся там, если контекст или язык не указывает другое.

В контексте настоящего описания термины "конструкция", "ограничение" или "элемент", который "сконфигурирован" для выполнения задачи или операции, специально конструктивно сформирован, построен или приспособлен так, чтобы соответствовать задаче или операции. Для ясности и предотвращения сомнений объект, который просто способен к модификации для выполнения задачи или операции, не считается "сконфигурирован" для выполнения задачи или операции в том смысле, который здесь используется. Напротив, использование термина "сконфигурирован" обозначает адаптацию конструкции или характеристики и обозначает конструктивные требования для любой конструкции, ограничения или элемента, который описан как "сконфигурированный" для выполнения некой задачи или операции. Например, процессорный блок, процессор или компьютер, который "сконфигурирован" для выполнения некой задачи или операции, следует понимать как специально структурированный для выполнения этой задачи или операции (например, иметь одну или большее количество программ или инструкций, хранящихся в нем или используемых в соединении с ним и предназначенных для выполнения указанной задачи или операции, и/или иметь электрическое процессорное устройство, выполненное и предназначенное для выполнения указанной задачи или операции). Для ясности и предотвращения сомнений компьютер общего назначения (который может быть "сконфигурирован" для выполнения этой задачи или операции при соответствующем программировании) не считается "сконфигурированным" для выполнения этой задачи или операции, если или до тех пор, пока не запрограммирован или структурно модифицирован для выполнения этой задачи или операции.

Следует отметить, что конкретное расположение компонентов (например, количество, тип, размещение и т.п.) в показанных вариантах выполнения настоящего изобретения может модифицироваться в различных альтернативных вариантах выполнения настоящего изобретения. Например, в различных вариантах выполнения настоящего изобретения можно использовать различное количество заданных модулей или блоков, можно использовать различный тип или типы заданного модуля или блока, можно скомбинировать множество модулей или блоков (или их элементов), можно разделить заданный модуль или блок на множества модулей (или субмодулей) или блоков (или субблоков), один или большее количество элементов одного или большего количества модулей может быть разделен между модулями, при этом данный модуль или блок может быть добавлен или данный модуль или блок может быть опущен.

Следует отметить, что различные варианты выполнения настоящего изобретения могут быть осуществлены в аппаратных средствах, программном обеспечении или в их комбинации. Различные варианты выполнения настоящего изобретения и/или компоненты, например модули, или компоненты и контроллеры, также могут быть осуществлены как часть одного или большего количества компьютеров или процессоров. Компьютер или процессор может содержать вычислительное устройство, устройство ввода, устройство отображения и интерфейс, например, для получения доступа к Интернету. Компьютер или процессор может содержать микропроцессор. Микропроцессор может быть связан с шиной связи. Компьютер или процессор может также содержать память. Память может включать оперативную память (RAM) и постоянную память (ROM). Компьютер или процессор дополнительно может содержать запоминающее устройство, которое может быть жестким диском или сменным запоминающим устройством, таким как жесткий диск, оптический диск и т.п. Запоминающее устройство может также быть другим аналогичным средством, способным загружать компьютерные программы или другие инструкции в компьютер или процессор.

В контексте настоящего описания термин "компьютер", "контроллер", "процессорный блок" и "модуль" может включать любую систему на основе процессора или микропроцессора, включая системы, в которых используются микроконтроллеры, компьютеры с сокращенным набором команд (RISC), специализированные интегральные схемы (ASIC), логические цепи, графические процессоры (GPU), программируемые вентильные матрицы (FPGA) и любые другие цепи или процессоры, способные выполнять описанные здесь функции. Вышеуказанные примеры приведены только для иллюстрации и, таким

образом, не имеют целью ограничить определение и/или значение термина "модуль" или "компьютер".

Компьютер, модуль или процессор выполняет набор инструкций, которые хранятся в одном или большем количестве запоминающих элементов, для обработки входных данных. Запоминающие элементы могут также хранить данные или другую информацию по желанию или необходимости. Запоминающий элемент может быть выполнен в виде источника информации или элемента физической памяти внутри процессорного устройства.

Набор инструкций может содержать различные команды, которые инструктируют компьютер, модуль или процессорное устройство для выполнения конкретных операций, таких как способы и процессы в различных вариантах выполнения настоящего изобретения, описанных и/или проиллюстрированных выше. Набор инструкций может быть в виде программы. Программное обеспечение может находиться в различных формах, таких как системное программное обеспечение или прикладное программное обеспечение, и может быть реализовано как физический считываемый компьютером носитель. Кроме того, программное обеспечение может находиться в форме набора отдельных программ или модулей, программного модуля в пределах большей программы или части программного модуля. Программное обеспечение также может содержать элементы модульного программирования в виде объектно-ориентированного программирования. Обработка входных данных процессорным устройством может производиться в ответ на команды оператора или в ответ на результаты предыдущей обработки, или в ответ на запрос, сделанный другим процессорным устройством.

В контексте настоящего описания термины "программное обеспечение" и "встроенные программы" являются взаимозаменяемыми и включают любую компьютерную программу, хранящуюся в памяти для выполнения ее компьютером, включая оперативную память (RAM), постоянную память (ROM), стираемую программируемую постоянную память (EPROM), стираемую электронно-программируемую постоянную память (EEPROM) и энергонезависимую оперативную память (NVRAM). Вышеуказанные типы памяти даны только для примера и, таким образом, не ограничивают типы памяти, полезные для хранения компьютерной программы. Отдельные компоненты различных вариантов выполнения настоящего изобретения могут быть виртуализированы и храниться в облачной компьютерной среде, например, для динамического распределения вычислительной мощности, не требуя от пользователя локализации, конфигурации и/или специфических аппаратных средств для компьютерной системы.

Очевидно, что приведенное выше описание призвано лишь иллюстрировать изобретение, а не ограничивать его. Например, вышеуказанные варианты выполнения настоящего изобретения (и/или его элементы) могут использоваться в комбинации друг с другом. Кроме того, можно произвести множество модификаций, чтобы адаптировать конкретную ситуацию или материал к сути изобретения, не выходя за его объем. Размеры, типы материалов, ориентации различных компонентов и количество и положение различных компонентов, описанных выше, призваны определить параметры конкретных вариантов выполнения настоящего изобретения и ни в коем случае не ограничивают его, а являются просто иллюстративными примерами вариантов его выполнения. Специалистам в данной области техники после чтения вышеуказанного описания будет очевидно множество других вариантов выполнения настоящего изобретения и их модификаций в пределах духа и объема формулы изобретения. Объем изобретения должен поэтому определяться пунктами формулы изобретения наряду со всеми эквивалентами, на которые указано в пунктах формулы изобретения. В формуле изобретения термины "включающий" и "в котором" используются в качестве очевидных английских эквивалентов соответствующих терминов "содержащий" и "где". Кроме того, в последующих пунктах формулы изобретения термины "первый", "второй", "третий" и т.д. используются просто в качестве меток и не налагают численные требования на соответствующие объекты. Кроме того, ограничения в последующих пунктах формулы изобретения не написаны в формате "средство плюс функция" и их не следует интерпретировать на основе пункта 35 U.S.C. § 112(f), если только в таких формулировках не используется явно фраза "средства для", а далее формулируется функция без дальнейшей структуризации.

В настоящем описании используются примеры, чтобы раскрыть варианты выполнения настоящего изобретения, включая наилучший способ его реализации, и позволить специалисту в данной области техники практически использовать варианты выполнения настоящего изобретения, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых связанных с ними способов. Формула изобретения определяет объем и включает другие примеры, которые очевидны специалистам в данной области техники. Такие другие примеры находятся в объеме изобретения, если в них имеются конструктивные элементы, которые не отличаются от буквальных определений в пунктах формулы изобретения или если они содержат эквивалентные конструктивные элементы с несущественными отличиями от буквальных определений в пунктах формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для обнаружения отказов топливного инжектора, содержащая один или большее количество процессоров, сконфигурированных для получения измеренной скорости расхода топлива для двигателя внутреннего сгорания, в то время

как двигатель работает в заранее заданном режиме эксплуатации для выполнения поставленной задачи;  
сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива для заранее заданного режима эксплуатации;

определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, на основе сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемой скоростью расхода топлива; и

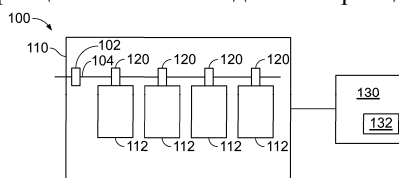
при определении того, что ограничитель потока инжектора находится в закрытом состоянии, выдачи сигнала оповещения об отказе инжектора и/или открытия ограничителя потока инжектора и/или планирования обслуживания ограничителя потока инжектора.

2. Система по п.1, в которой указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с диапазоном скоростей расхода топлива для ожидаемой скорости расхода топлива.

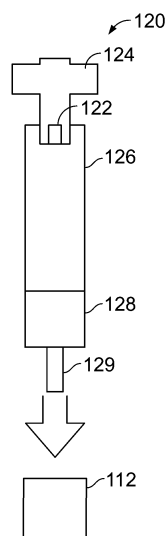
3. Система по п.2, в которой указанный диапазон скоростей сконфигурированы для учета, по меньшей мере, износа инжектора или вариаций допуска параметров инжектора.

4. Система по п.1, в которой указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для сравнения измеренной скорости расхода топлива с ожидаемым расходом топлива и определения, находится ли ограничитель потока инжектора в закрытом состоянии, с использованием модели, обучаемой с помощью нейронной сети, в заранее заданном режиме эксплуатации.

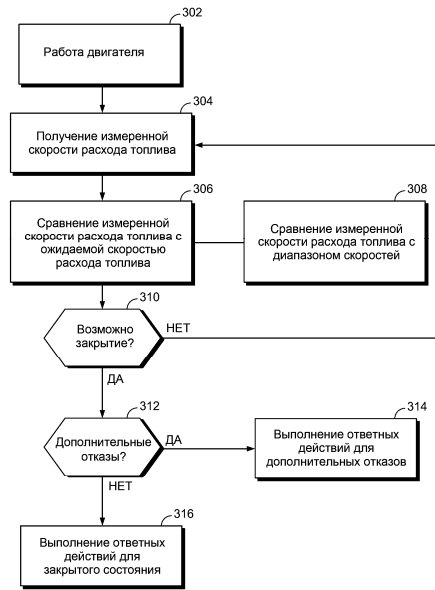
5. Система по п.4, в которой указанный один или большее количество процессоров сконфигурированы для использования модели, позволяющей идентифицировать вариации топлива вследствие износа инжектора и идентифицировать вариации топлива вследствие переходной операции.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

