



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

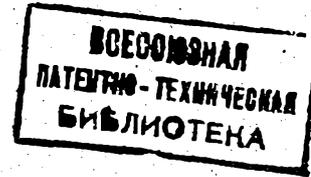
(19) SU (11) 1836577 A3

(51)5 F 02 B 37/02, F 02 L 23/02

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ  
ВЕДОМСТВО СССР  
(ГОСПАТЕНТ СССР)

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ



1

(21) 4742936/06  
(22) 31.01.90  
(46) 23.08.93. Бюл. № 31  
(31) P 3906312.7  
(32) 28.02.89  
(33) DE  
(71) Ман Нуцфарцойге АГ (DE)  
(72) Юрген Лоренц, Юрген Энснер и Нунцио Д'Альфонсе (DE)  
(56) Заявка Великобритании № 2120795, кл. F 02 D 23/02, опублик. 1984.

(54) ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ГАЗОТУРБИНЫМ НАДДУВОМ

Изобретение касается двигателя внутреннего сгорания с газотурбинным наддувом с улучшенной приемистостью.

Главными целями при разработке улучшенных приводных агрегатов для эксплуатации грузовых автомобилей являются хорошие характеристики пуска, малый расход топлива, а также по возможности незначительное загрязнение окружающей среды отработавшими газами. Для осуществления этих целей в настоящее время все чаще используются работающие с наддувом двигатели с высокой величиной плотности мощности. Они относятся к увеличению среднего эффективного давления в общем случае из газотурбинного нагнетателя. При этом дополнительное охлаждение наддувочного воздуха обуславливает дальнейшее повышение эффективного среднего давления.

Работающие с газотурбинным наддувом дизельные двигатели с охлаждением наддувочного воздуха отличаются несколькими преимуществами по сравнению с без-

2

(57) Сущность изобретения заключается в том, что изменение обычного процесса разгона для работающих с газотурбинным наддувом двигателей внутреннего сгорания, в частности тех двигателей, которые используются в составе грузовых автомобилей в основном в нестационарном режиме, с использованием вспомогательного наддувочного воздуха, при котором полностью предотвращается усиленное дымообразование в отработавших газах. Все это достигается за счет соответствующего управления протеканием процессов в системах подачи топлива и наддувочного воздуха. 3 ил.

наддувочными двигателями благодаря своей высокой удельной мощности. Это уменьшение относительной доли потерь на трение в индицированной мощности, в результате чего уменьшается расход топлива; уменьшение конструктивного объема, что обеспечивает возможность более гибкой реализации пространства салона; более низкая стоимость вследствие уменьшенного расхода на материалы.

Названным преимуществам противостоят известная проблема, связанная с замедлением времени срабатывания двигателей с газотурбинным наддувом ("turbo lag"). Недостаток воздуха во время протекания процессов разгона ведет, кроме того, к усилению дымообразования.

С целью улучшения приемистости известны различные предложения. Они основаны в основном на идее подвода недостающего в состоянии повышенной нагрузки количества воздуха к двигателю снаружи (нагнетание воздуха) или заблаговременной подготовки этого количества воздуха посредством уве-

(19) SU (11) 1836577 A3

личения числа оборотов газотурбинного нагнетателя.

Так, например, известен способ, в соответствии с которым нагнетание вспомогательного наддувочного воздуха во всасывающую трубу осуществляется с использованием дополнительного компрессора с вспомогательным приводом. При этом в случае необходимости может найти применение также накопитель сжатого воздуха, однако только для привода вспомогательного привода. При этом соответствующий обратный клапан расположен во всасывающей линии главного компрессора (см. описание изобретения к патенту ФРГ № 3100732).

При этом возникает тот недостаток, что в процессе нагнетания воздуха сначала должен быть заполнен общий объем линии (до закрытого в этом случае обратного вентиля), в результате чего турбонагнетатель даже кратковременно притормаживается (уменьшение числа оборотов газотурбинного нагнетателя). Особенно неблагоприятной является такая конструкция обратного клапана при использовании устройства для охлаждения наддувочного воздуха, которая расположена между компрессором и всасывающей трубой. Так как дополнительный воздух вырабатывается дополнительным турбонагнетателем, повышение давления в системе происходит относительно медленно, что в основном отвечает ожиданию улучшения приемистости для присутствующего случая использования, а именно использования для больших двигателей главным образом в стационарном режиме. Нагнетание воздуха осуществляется в данном случае относительно редко, причем большое количество сжатого воздуха вырабатывается медленно и сохраняется в состоянии готовности в течение длительного времени.

Более эффективное нагнетание воздуха, из которого исходят также в отношении родового признака, известно из описания изобретения [1], так как в данном случае обратный клапан расположен в непосредственной близости от всасывающей трубы после компрессора. Предмет этой публикации (при этом число оборотов приводного двигателя генератора тока должно поддерживаться на неизменной величине) касается также улучшения проектной нагрузки и характеристики срабатывания работающих с газотурбинным наддувом двигателей за счет подготовки достаточного количества сжатого воздуха.

В случае нестационарного режима эксплуатации транспортного средства, в частности при эксплуатации грузового автомобиля, при которой необходимость в

нагнетании воздуха возникает весьма часто, необходимо не только улучшить время разгона, но и устранить возникающий при разгоне дымовой удар (в частности, должно достигаться уменьшение частиц). Известные публикации не указывают в этой связи на какие-либо решения.

В соответствии с желанием водителя при обычном процессе разгона из режима малой нагрузки и пониженного числа оборотов в результате нажатия педали акселератора происходит резкое увеличение количества топлива в камере сгорания двигателя, в результате чего начинается разгон. В этот момент в камере сгорания существуют недостаточные состояния формирования смеси, то есть возникающее во впускном канале завихрение, возникающая в камере сгорания турбулентность, а также распыление и распределение топлива являются слишком неблагоприятными для чистого сжигания увеличенного количества топлива.

Этот известный факт относится как к безнаддувным двигателям, так и к двигателям с турбонаддувом. Так как при работающих с наддувом двигателях, в частности при работающих с газотурбинным наддувом двигателях, эта проблема является более существенно вследствие инерционности наддувочной группы по сравнению с безнаддувными двигателями, двигатели с газотурбинными нагнетателями оснащаются работающим в зависимости от давления наддува устройством для ограничения количества топлива (LDA). Это регулирование LDA обеспечивает при процессе разгона деблокирование количества топлива в соответствии с давлением наддува, однако с необходимым избытком для разгона.

Количество топлива не может ограничиваться устройством таким образом, что качество отработавших газов принимает столь же благоприятные величины, что и в стационарном режиме, так как в ином случае разгон автомобиля уже не будет приемлемым.

Также и использование соответствующего родовому признаку нагнетания воздуха в соответствии с описанием изобретения к патенту США № 3673796 не способствует улучшению отработавших газов, так как в данном случае — с целью поддержания определенного числа оборотов на неизменной величине возникает обязательная необходимость деблокирования повышенного количества впрыскиваемого в камеру сгорания топлива практически одновременно с нагнетанием воздуха во всасывающую трубу. В результате этого в течение времени, протекающего между моментом неожиданного увеличения количества впрыскиваемого

топлива и моментом поступления сжатого воздуха, в камере сгорания действует описанная выше фаза недостаточного обеспечения дутьевым воздухом. В этих обстоятельствах следует считаться с повышенным дымообразованием.

По этой причине задачей изобретения является такое изменение обычного процесса разгона для работающих с газотурбинным наддувом двигателей внутреннего сгорания, в частности тех двигателей, которые используются в составе грузовых автомобилей в основном в нестационарном режиме, с использованием соответствующего родовому признаку подвода вспомогательного наддувочного воздуха, при котором полностью предотвращается усиленное дымообразование в отработавших газах (в частности, увеличение частиц).

В соответствии с изобретением эта задача решается с помощью отличительных признаков пункта 1.

Исходной точкой для разгона является в случае изобретения, как и прежде, желание водителя. Нажатие на педаль акселератора не обуславливает, однако, более незамедлительного увеличения количества топлива, а сначала осуществляется нагнетание дополнительного воздуха в двигатель. Только после этого увеличивается количество топлива и его согласование с присутствующим количеством воздуха. За счет этого обеспечивается присутствие в камере сгорания постоянно достаточно высоких количеств воздуха при впрыске повышенного количества топлива.

Для того, чтобы обеспечить по возможности быстрое увеличение присутствующей в газовой турбине турбоагнетателя энергии и в результате этого ускорение турбоагнетателя осуществляется такое согласование введенного количества воздуха и зависящего от него создаваемого давления во всасывающей трубе, при котором обусловленное недостаточным давлением наддува сдерживание максимально выставленного количества топлива со стороны устройства LDA обычно предусмотренного в топливном насосе работающего с газотурбинным наддувом дизельного двигателя, незамедлительно устраняется при разгоне за счет шунтирования механизма LDA. Сжигание введенного таким образом максимального количества топлива для полной нагрузки осуществляется в этом случае без видимого дымообразования. Это предполагает подключение устройства LDA к всасывающей трубе.

С учетом менее сильного разгона турбоагнетателя, который может оказаться же-

лательным в некоторых случаях использования, устройство LDA может подключаться также в области между обратным клапаном и компрессором турбоагнетателя. В результате этого отпадает шунтирование устройства LDA с помощью дополнительного воздуха.

Все это достигается в соответствии с изобретением за счет соответствующего управления протеканием процессов в системах подачи топлива и наддувочного воздуха. При этом нагнетание воздуха должно начинаться максимально за две секунды до достижения количества для полной нагрузки и осуществляться максимально в течение двух секунд. В качестве особо благоприятного — исходя из использования шестицилиндрового дизельного двигателя с рабочим объемом около 7 л и с максимальным эффективным средним давлением около 16 бар — зарекомендовало себя начало нагнетания за 0,4–0,5 с до достижения количества полной нагрузки, а также длительность нагнетания, составляющая от 0,5 до 0,8 с (при давлении 6 бар в накопителе сжатого воздуха). Подвод увеличенного количества топлива вплоть до момента достижения количества для полной нагрузки может осуществляться скачкообразно, то есть после истечения указанного выше промежутка времени механизм регулирования количества топлива топливного насоса срабатывает скачкообразно. Увеличение количества топлива может иметь, однако, также и до момента достижения максимального количества топлива (количество полной нагрузки) характеристику перепада, то есть рычаг регулирования количества топлива топливного насоса перемещается с замедленной скоростью.

Преимущества и необходимые модификации описаны в признаках дополнительных пунктов формулы изобретения.

Подробности изобретения приведены в последующем описании чертежа.

На фиг. 1 показан в схематическом изображении двигатель во взаимодействии с компонентами турбоагнетателя и устройств для обеспечения дополнительным воздухом и топливом; на фиг. 2 и 3 — диаграммы достижения максимального количества топлива (количество для полной нагрузки) после начала процесса нагнетания воздуха.

На фиг. 1 позицией 1 обозначен двигатель внутреннего сгорания, позицией 2 — газотурбинный нагнетатель. Турбина 3 турбоагнетателя 2 соединена с помощью коллекторной линии 4 отработавших газов с двигателем 1 внутреннего сгорания. Компрессор 5 осуществляет всасывание воздуха через всасывающую линию 6, в которой пре-

дусмотрен фильтр 7, и транспортирует затем сжатый воздух по линии 8, в которую встроено устройство 9 для охлаждения наддувочного воздуха, во всасывающую трубу 11 (коллекторная линия наддувочного воздуха) двигателя 1 внутреннего сгорания. В ходе этого процесса один, присутствующий в линии (наддувочного) воздуха автоматический вентиль 10 (обратный вентиль или обратный клапан) находится в открытом положении.

К всасывающей линии 6 через дополнительную линию 6а подключен следующий компрессор 12. Последний приводится в действие двигателем внутреннего сгорания и служит для выработки воздуха для пневматического торможения. После того, как в (не изображенном) ресивере тормозной системы будет достигнут определенный уровень давления производится открывание вентиля 16 в линии 13, в результате чего сжатый компрессором 12 воздух передается по линии 13 к ресиверу 14. Заполнение последнего осуществляется до достижения определенного давления (регулировка осуществляется с помощью регулятора 15 давления, дополнительно встроено в линию 13). Верхняя граница давления воздуха зависит от максимального давления в тормозной системе.

Возможен также случай, при котором дополнительный компрессор 12 запрашивает исключительно ресивер 14. В этом случае давление в ресивере может превышать по величине давление в тормозной системе и, кроме того, отпадает линия, ведущая к тормозной системе, а также вентиль 16 в линии 13.

Накопленный в ресивере 14 сжатый воздух используется для компенсации возникающего при разгоне или трогании с места в двигателе внутреннего сгорания недостатка наддувочного воздуха (вследствие отсутствия в этом случае достаточной энергии отработавших газов). С этой целью предусмотрена дополнительная линия 17, в которую встроены магнитный вентиль 18. Последний обуславливает в открытом состоянии во всасывающую трубу 11. За счет соответствующего родоному признаку расположения (в конце линии 8 наддувочного воздуха, непосредственно перед входом этой линии во всасывающую трубу 11 двигателя 1 внутреннего сгорания) автоматического вентиля 10, который находится в закрытом положении при нагнетании воздуха, достигается оптимальное использование подведенного дополнительного сжатого воздуха. Практически не происходит потерь воздуха и обес-

печивается незамедлительное создание давления. В результате этого значительно уменьшается время ускорения.

Сигнал о начале нагнетания сжатого воздуха определяется положением педали 19 акселератора. Сразу после нажатия водителем на педаль акселератора срабатывает звено 21 задержки устройства для впрыска топлива (звено 21 задержки воздействует при этом на механизм регулирования количества топлива топливного насоса 22 с целью задержки его срабатывания или перемещения с определенной скоростью). После достижения педалью акселератора позиции полной нагрузки или положения, расположенного вблизи позиции полной нагрузки (приблизительно 80-95% общего пути движения педали, причем предполагается, что существует пропорциональное отношение между путем движения педали и количеством впрыскиваемого топлива) срабатывает система 20 управления нагнетанием воздуха. Нагнетание воздуха осуществляется в этом случае скачкообразно за счет быстрого отпирания магнитного вентиля 18. Отпирание магнитного вентиля 18 может как еще будет описано ниже, зависеть также от определенного числа оборотов двигателя или скорости движения автомобиля.

Система 20 управления, которая может иметь электрическую или пневматическую конструкцию, обеспечивает отпирание магнитного вентиля 18 на определенное время. В течение этого времени сжатый воздух поступает из ресивера 14 во всасывающую трубу 11. После того, как давление во всасывающей трубе 11 превысит по величине давление наддува в линии 8 (после устройства 9 для охлаждения наддувочного воздуха), происходит запираание автоматического вентиля (обратного клапана 10). Таким образом, необходимо заполнить лишь объем всасывающей трубы, в результате чего обеспечивается быстрое обеспечение двигателя внутреннего сгорания наддувочным воздухом.

В соответствии с изобретением в течение описанного процесса заполнения всасывающей системы двигателя не производится впрыска увеличенного количества топлива при увеличении количества впрыскиваемого топлива осуществляется с использованием такого перепада, что в цилиндре благодаря повышенному во всасывающей трубе за счет нагнетания воздуха давлению воздуха обеспечивается достаточный наддув свежего воздуха, необходимого для сжигания существующего количества топлива без образования сажи. Необходимое вмешательство во временной процесс дозирования топ-

лива может быть наиболее несложным образом осуществлено в том случае, если передача сигналов осуществляется по электрическому или электронному принципу. При этом звено 21 задержки встроено в электронную систему управления для топливного насоса 22. Оно может быть расположено также в системе управления электрического серводвигателя (электронная педаль акселератора). Обуславливая таким образом замедление процесса увеличения количества топлива. Замедление позиционирования топлива может осуществляться также с помощью механической системы управления (например пневматической или гидравлической).

На фиг.2 и 3 изображены временные диаграммы движения "а" педали акселератора, увеличения "b" количества топлива и движения "с" магнитного вентиля для нагнетания воздуха в процессе разгона. При этом оси абсцисс соответствует время в секундах, а оси ординат — путь перемещения педали, а также количество топлива (выраженные в процентах). Таким же образом на оси ординат дополнительно изображено движение отпирания вентиля, обеспечивающего нагнетание воздуха.

В соответствии с изображенным на фиг.2 полное количество топлива вводится с задержкой после истечения предусмотренного времени, которое необходимо для заполнения цилиндров двигателя сжатым воздухом, нагнетаемым во всасывающую трубу. В отличие от этого увеличение количества топлива на фиг.3 имеет характеристику перепада, которая изображена линейно лишь в качестве примера.

На обеих фигурах временное различие между моментом начала нагнетания и моментом достижения количества для полной нагрузки (начало полного впрыска топлива) выражено с помощью ссылочного обозначения 23. Длительность нагнетания определяется участком 24.

После начала нагнетания воздуха его воздействие в прямом подключении продолжается также и в системе отработавших газов. Вследствие возросшего на основании сжигания увеличенного количества топлива перепада энтальпии в турбине 3 происходит ускорение ее работы и вместе с ней рабочего колеса 5 компрессора. Этот эффект дополнительно усиливается в случае скачкообразного увеличения количества топлива за счет сжигания последнего так как теперь происходит усиленное возрастание как количества отработавших газов, так и их энтальпии на основании соответствующего изобретению протекания процесса нагнетания воздуха. Быстрое увеличение

числа оборотов связанного с газовой турбиной компрессора 5 обуславливает быстрое увеличение давления наддува в линии 8 наддувочного воздуха. После завершения нагнетания давление в линии 8 превышает по величине давление во всасывающей трубе 11, в результате чего обратный клапан 10 вновь открывается. Разгон двигателя возрастает теперь до такой степени, что давление наддува находится на высоком уровне и более не возникает обусловленного нестационарными условиями повышения дымообразования. К этому моменту времени система 20 уже обеспечила запираание магнитного вентиля 18 с целью ограничения до необходимой величины количества нагнетаемого воздуха (в зависимости от типа двигателя или случая нагрузки происходит нагнетание стандартного объема воздуха, который составляет от 5- до 50-кратной величины рабочего объема того или иного двигателя). Предпочтительно осуществляется нагнетание от 10- до 20-кратной величины от рабочего объема, причем давление в ресивере 14 может составлять от 2 до 16 бар. Оптимальный промежуток времени для нагнетания воздуха согласуется с тем или иным случаем использования.

С целью предотвращения нежелательного расхода сжатого воздуха, когда двигатель или автомобиль эксплуатируются при более высоком числе оборотов или скорости, то есть в случаях, когда турбонагнетатель уже работает с более высоким числом оборотов, используются устройства, которые блокируют процесс нагнетания воздуха при определенном, согласованном с режимом эксплуатации автомобиля числе оборотов двигателя или скорости движения автомобиля. Эта задача может несложным образом решаться с помощью реле, которые работают с управлением от генератора или датчиков числа оборотов.

Реле контроля состояния покая, которое также работает с управлением от генератора, предотвращает нагнетание сжатого воздуха во всасывающую трубу при отключенном двигателе.

При наличии электронного узла регулирования топливного насоса обеспечивается наиболее благоприятная возможность реализации системы управления нагнетанием воздуха. В данном случае нагнетание воздуха может ограничиваться теми случаями, когда наряду с достижением позиции полной нагрузки или положения педали акселератора вблизи позиции полной нагрузки (приблизительно от 80 до 95%) дополнительно обеспечивается срабатывание педали акселератора со скоростью, которая

превышает заданную пороговую величину (время, протекающее между достижением позиций холостого хода и полной нагрузки, составляет от 0,1 до 2 с). В соответствии с этим за счет задания характеристики предельного числа оборотов (в зависимости от момента или нагрузки) нагнетание воздуха может определяться для рабочих диапазонов, лежащих ниже определенного числа оборотов. Кроме того, возникает преимущество, выраженное в возможности реализации любым образом функции повышения количества впрыскиваемого топлива (фиг.2, где присутствует функция скачка).

Особенно предпочтительным оказывается использование изобретения применительно к автобусам (автобусам, выполняющим движение по маршруту с остановками), приводная ветвь которых оснащена гидравлическим преобразователем с автоматической коробкой передач. В этом случае возможность индивидуального оказания влияния на временную характеристику нагрузки является особенно уменьшенной (например, отсутствие пробуксовывания сцепления), в результате чего обеспечивается возможность оптимальной регулировки параметров нагнетания воздуха, которые определяют его временную характеристику.

Преимущества нагнетания воздуха в основном сохраняются также при взаимодействии с механическими коробками передач. В этом случае инициация процесса нагнетания воздуха зависит также от срабатывания сцепления, а также от включенной передачи.

Характеристика описанного на фиг.2 и 3 увеличения количества топлива может быть реализована также и в соответствии с другими закономерностями, которые зависят от типа звена задержки и способа попадания сжатого воздуха в цилиндры двигателя. Таким же образом нагнетание воздуха должно осуществляться не сразу (как пока-

зано), а может осуществляться в несколько этапов или за счет тактированной работы магнитного вентиля 18.

Изобретение может использоваться применительно к безнаддувным двигателям, которые имитируют дымовой выхлоп при разгоне с нижнего холостого хода.

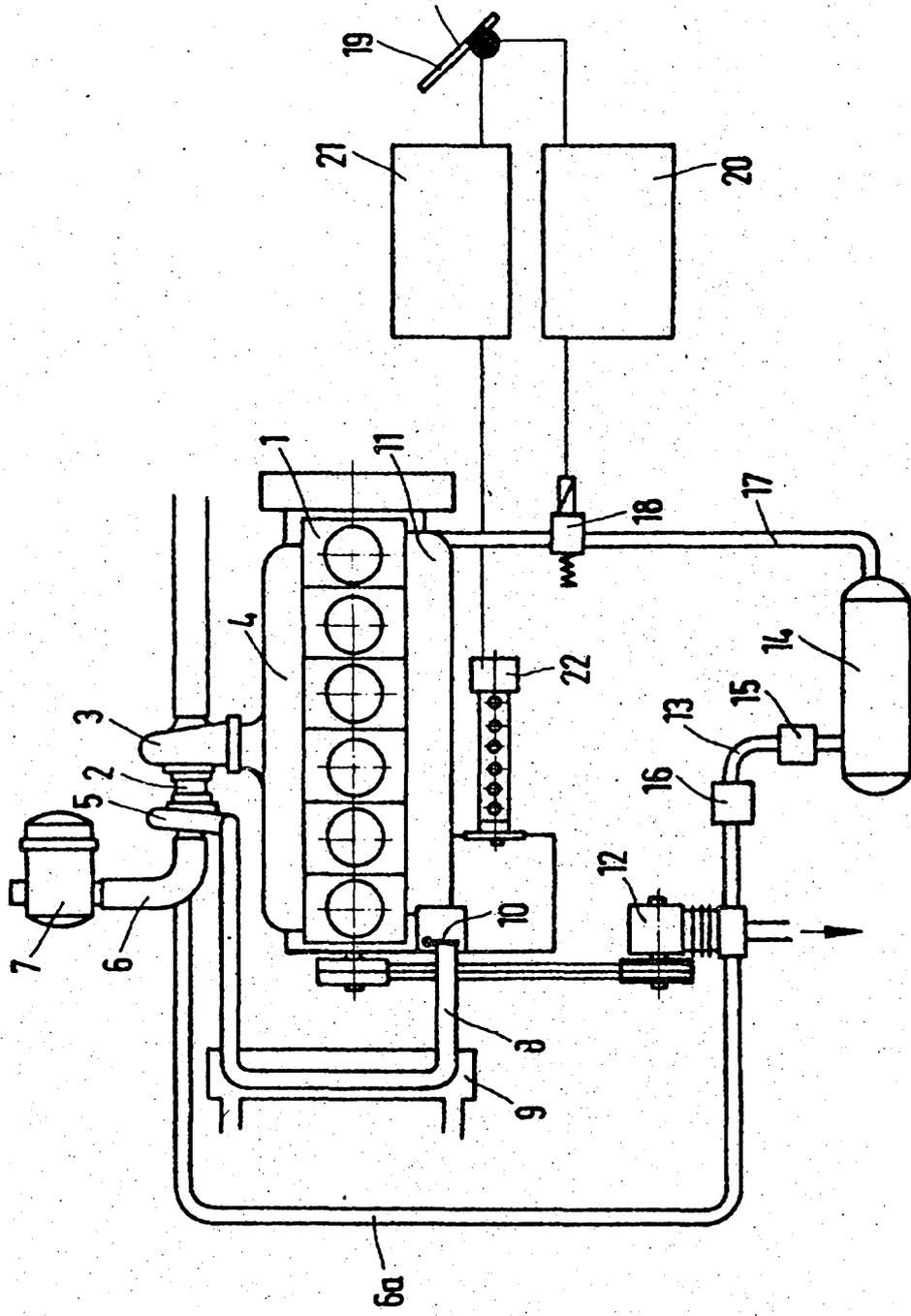
#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Двигатель внутреннего сгорания с газотурбинным наддувом, преимущественно автомобиля, снабженного тормозной системой с компрессором, содержащий турбокомпрессор, подключенный воздухопроводом к всасывающей трубе двигателя, аккумулятор сжатого воздуха, сообщенный с всасывающей трубой через трубопровод и автоматический обратный клапан, систему подачи топлива и систему управления, включающую педаль акселератора и управляющие средства подачей топлива, отличающийся тем, что, с целью уменьшения выброса сажи на переходных режимах работы двигателя путем регулирования подачи топлива и сжатого воздуха, он снабжен звеном задержки подачи топлива относительно увеличенной подачи воздуха, которое выполнено с возможностью регулирования изменения подачи топлива либо скачкообразно, либо в виде нарастающего процесса и подключено к системам управления и подачи топлива.

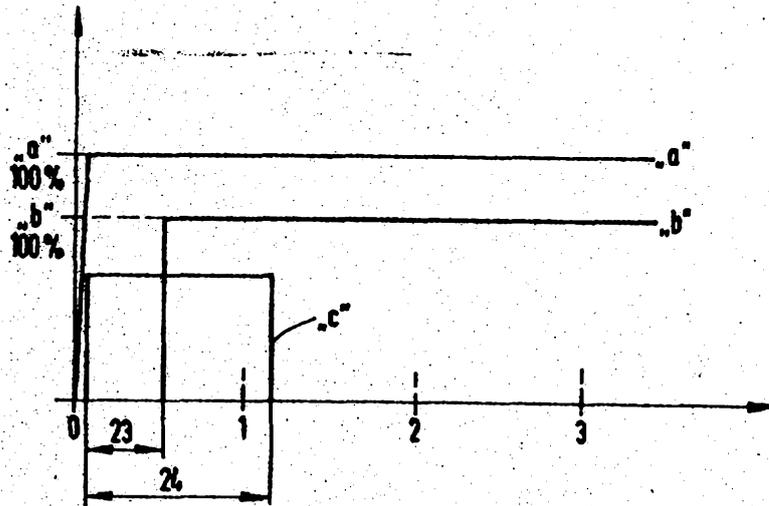
2. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что звено задержки выполнено электронным.

3. Двигатель по пп.1 и 2, отличающийся тем, что в трубопроводе подачи сжатого воздуха из аккумулятора установлен дозирующий магнитный клапан.

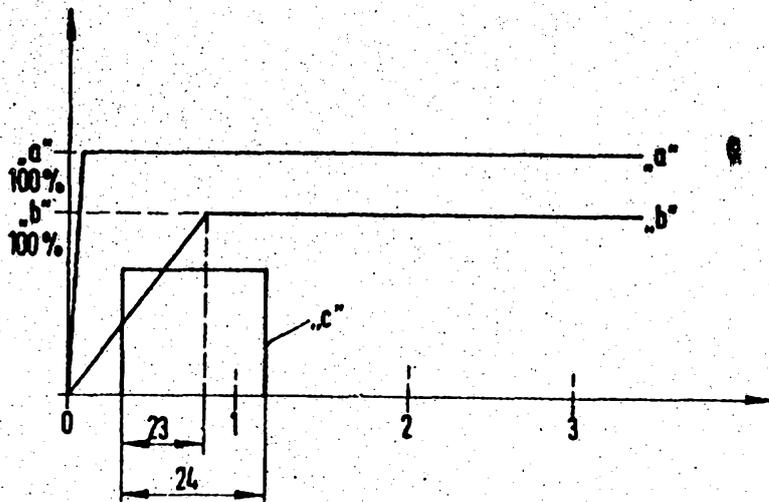
4. Двигатель по пп.1-3, отличающийся тем, что компрессор тормозной системы выполнен с приводом от двигателя и связан подводящим трубопроводом с аккумулятором сжатого воздуха.



Фиг. 1



фиг. 2



фиг. 3

Редактор Л. Письман      Составитель Техред М. Моргентал      Корректор Н. Милюкова

Заказ 3015      Тираж .      Подписное  
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101