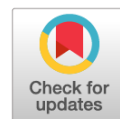


АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПО ПАТЕНТУ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ № 153247



ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS AND THE POSSIBILITY OF CREATING AN AUXILIARY BRAKING SYSTEM FOR AN ELECTRONICALLY CONTROLLED VEHICLE OF THE UTILITY PATENT NO. 153247

**АБДУЛСАТАР Х ШИХАН АЛЬ-ДЖУМАИЛИ
В.В. СЕРЕБРЯКОВ**, К.Т.Н.

Московский политехнический университет, Москва,
Россия, abdulsatar_k@mail.ru, serebr16@mail.ru

**ABDULSATAR KH SHIHAN AL-JUMAILI
V.V. SEREBRYAKOV**, PhD in Engineering

Moscow polytechnic university, Moscow, Russia,
abdulsatar_k@mail.ru, serebr16@mail.ru

В статье отмечается, что электронное управление рабочими процессами в агрегатах и системах автомобилей является одним из эффективных и современных способов улучшения их эксплуатационных параметров. Средства электроники позволяют увеличить среднюю скорость движения автомобилей, снизить расход топлива, улучшить управляемость, устойчивость, проходимость и плавность хода, повысить тормозные качества и безопасность движения, облегчить управление автомобилем.

Все современные электронные системы автомобиля – цифровые, со скоростью передачи данных – до 1 мегабита в секунду. Это позволяет каждый датчик использовать для нескольких систем. Размеры датчиков постоянно уменьшаются, повышается их быстродействие, надежность и точность. Одним из перспективных путей совершенствования транспортных средств является использование в качестве вспомогательной тормозной системы двигателя внутреннего сгорания с электронным управлением его тормозным моментом.

Рассмотрен патент № 153247 на полезную модель «Вспомогательная тормозная система автомобиля с электронным управлением», проведен его анализ с использованием диаграмм фаз газораспределения. Выявлены допущенные в описании патента ошибки. При описании тактов впуска и выпуска не учтено увеличение объема цилиндра на объем коллектора из-за открытия соответствующих клапанов, а также то, что давление в выпускном тракте ограничено силой предварительного поджатия пружин выпускных тормозов двигателя. Электромагнитный клапан должен обладать быстродействием, на порядок большим штатных клапанов и такой же пропускной способностью, его пружины должны иметь большое предварительное поджатие, чтобы он не открывался под действием давления в ресивере штатной тормозной системы.

Для быстрого сброса давления электромагнитный клапан должен максимально быстро оторвать большое проходное сечение, преодолевая силу действующего на его тарелку высокого давления в цилиндре (7,5 МПа), а также силу предварительного поджатия клапанных пружин. Приведены формулы для определения пропускной способности клапана, анализ которых показал, что для обеспечения заданной пропускной способности клапана при снижении времени его открытия необходимо пропорционально увеличивать высоту подъема электромагнитного клапана или средний диаметр, что не всегда возможно.

Проведенный в статье анализ показал, что эффективность предложенной системы ниже заявленной, а ее создание невозможно, поскольку не существует электромагнитного воздушного клапана, удовлетворяющего предъявляемым к нему в данной конструкции требованиям.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, тормозной момент, электронная система управления.

Для цитирования: Аль-Джумаили Абдулсатар Х Шихан, Серебряков В.В. Анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247 // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 64–72. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-64-72.

The paper notes that electronic control of work processes in vehicle units and systems is one of the most effective and modern ways to improve their operational parameters. The means of electronics make it possible to increase the average speed of vehicles, reduce fuel consumption, improve controllability, stability, passability and smooth driving, improve braking performance and safety, and facilitate driving.

All modern vehicle electronic systems are digital, data transfer rate is up to 1 megabit per second. This allows each sensor to be used for several systems. Dimensions of sensors are gradually decreasing, their speed, reliability, and accuracy are increasing. One perspective way to improve vehicles is the use of an internal combustion engine with electronic control of its braking torque as an auxiliary braking system.

The analysis of the patent № 153247 for useful model "Auxiliary braking system of vehicle with electronic control" is considered and its analysis using the valve timing diagrams. The errors made in the description of the patent were revealed. The description of the intake and exhaust strokes does not take into account the increase in the cylinder volume by the manifold volume due to the opening of the respective valves and the fact that the pressure in the exhaust tract is limited by the preloading force of the engine exhaust brake springs. The electromagnetic valve must have speed by an order of magnitude greater than the regular valves and the same capacity, its springs must have a large pre-pressure so that it does not open under the pressure in the receiver of the regular brake system.

For fast pressure release, the electromagnetic valve must open a large flow cross-section as quickly as possible, overcoming the force of the high pressure acting on its disc in the cylinder (7.5 MPa) plus the force of pre-pressure of the valve springs. The formulas for determination of the valve throughput capacity of the valve, analysis of which showed that to ensure a given capacity of the valve by reducing its opening time it is necessary to proportionally increase the height of the rise of electro-magnetic valve or the average diameter that is not always possible.

The analysis carried out in the article showed that the efficiency of the proposed system is lower than the declared one, and its creation is impossible because there is no electromagnetic air valve satisfying the requirements for it in this design.

Keywords: automobile, internal combustion engine, braking torque, electronic control system.

Cite as: Al-Jumaili Abdulsatar KH Shihan, Serebryakov V.V. Analysis of the effectiveness and the possibility of creating an auxiliary braking system for an electronically controlled vehicle of the utility patent No. 153247. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 64–72 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-64-72.

Введение

В настоящее время электронное управление рабочими процессами в агрегатах и системах автомобилей является одним из эффективных и современных способов улучшения их эксплуатационных параметров. Средства электроники позволяют увеличить среднюю скорость движения автомобилей, снизить расход топлива, улучшить управляемость, устойчивость, проходимость и плавность хода, повысить тормозные качества и безопасность движения, облегчить управление автомобилем.

Все современные электронные системы автомобиля – цифровые. Обмен данными между ними происходит по стандартному протоколу по шине данных CAN – Controller Area Network (контролеры, объединенные в сеть). Скорость передачи данных – до 1 мегабита в секунду. Шина CAN позволяет существенно снизить количество проводов и связей в автомобиле, ведь информация многих датчиков используется в различных системах. В отечественных автомобилях шина CAN называется мультиплексной. Цифровые принципы подключения позволяют использовать каждый датчик для нескольких систем. Современные датчики делают интегрированными в единые модули, например датчик частоты вращения (CSWS), который выполнен в композитном сальнике коленчатого вала. Размеры датчиков постепенно уменьшаются, повышается их быстродействие, надежность и точность.

Для повышения тормозных свойств и безопасности транспортные средства оснащают:

1) антиблокировочной системой (АБС). Она имеет электронный блок управления (ЭБУ)

с микропроцессором, который обрабатывает сигналы от датчиков и подает ток на электромагнитные клапаны;

2) электронной системой распределения тормозных усилий между колесами передней и задней осей EBD – Electronic Brake Distribution). Она является дополнением ABS и применяется для как можно более позднего вступления в работу ABS;

3) превентивной системой экстренного торможения PEBS – Preventive Electronic Brake System, которая оценивает расстояние между автомобилями и подает звуковой и/или визуальный сигналы, включает осязательное оповещение (например, резкий тормозной толчок, во время которого машина резко притормаживает, что позволяет активизировать внимание водителя), а при бездействии водителя – включает функцию автоматического экстренного торможения;

4) электронной системой контроля устойчивости ESP – Electronic Stability Program. Это дополнительная опция ABS с датчиками положения дроссельной заслонки, положения руля и поворота автомобиля вокруг вертикальной оси.

Одним из перспективных путей совершенствования транспортных средств является использование в качестве вспомогательной тормозной системы автомобиля двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с электронным управлением его тормозным моментом [1–5]. В 2015 г. был опубликован патент № 153247 на полезную модель «Вспомогательная тормозная система автомобиля с электронным управлением» [1], в котором утверждается, что эта модель повышает тормозной момент

ДВС в 2,5–3 раза, что может заинтересовать производителей. Однако предварительное изучение данной полезной модели показало, что в ней имеются серьезные ошибки. Они связаны с необходимостью быстрого изменения давления в цилиндрах с помощью электромагнитного клапана в течение очень малого времени его открытия и с необходимостью его открытия при большом перепаде давлений. Также не учтено ограничение давления в выпускном тракте силой предварительно поджатия клапанных пружин. Эти ошибки вызывают сомнение не только в реализации заявленной эффективности данной полезной модели, но и в возможности ее создания.

Цель исследований

Анализ эффективности и возможности создания предложенной вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением.

Описание вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247

Схема вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением приведена на рис. 1. Пневматический контур включает в себя компрессор 1 основной тормозной системы, связанный воздухопроводами 2 с одной стороны с воздушным фильтром 3 и воздухозаборником 4 штатной системы питания воздухом, а с другой стороны через нагнетательный клапан 5 с ресивером 6 основной тормозной системы. Ресивер, в свою очередь, воздухопроводами 2 через пневматическую секцию 7 тормозного крана 8 и электромагнитный воздушный клапан 9 связан с надпоршневым пространством 10, сообщаемым через выпускной клапан 11 и выпускной клапан 12 с впускным патрубком 13 и выпускным патрубком 14, соответственно. Кроме того, ресивер воздухо-

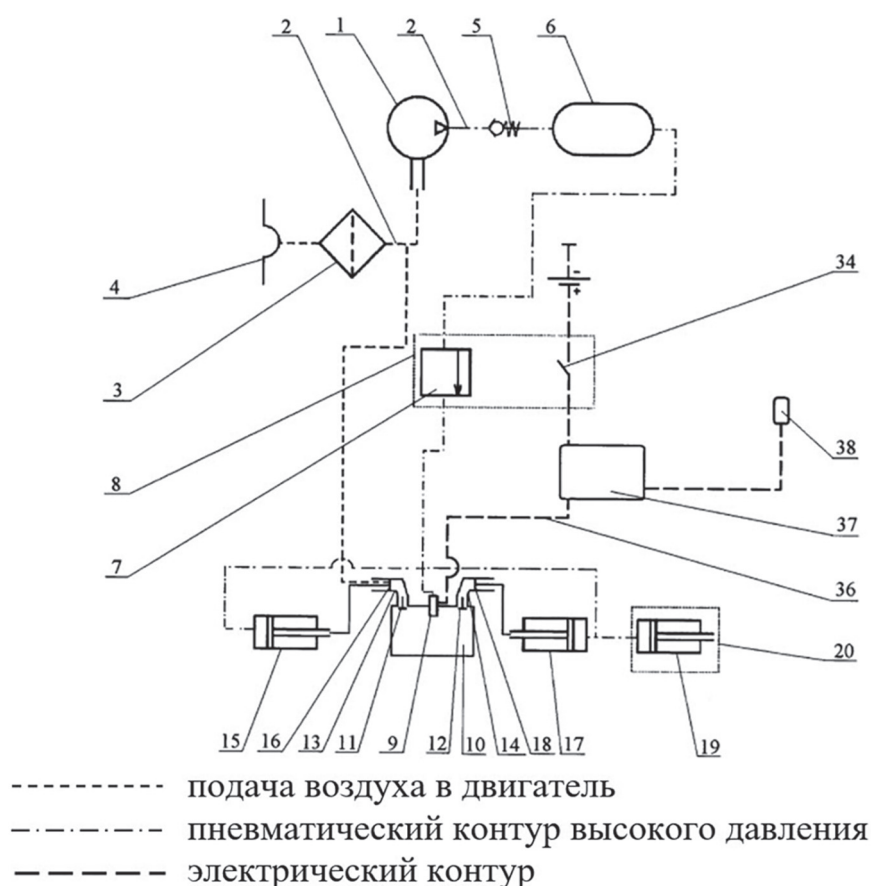


Рис. 1. Схема вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247

Fig. 1. Diagram of the auxiliary braking system of an electronically controlled vehicle according to the utility patent No. 153247

водами через пневматическую секцию тормозного крана связан с пневмоцилиндром 15 привода заслонки 16 впускного патрубка 13, пневмоцилиндром 17 привода заслонки 18 выпускного патрубка 14, а также пневмоцилиндром отключения подачи топлива 19 топливного насоса высокого давления (ТНВД) 20.

На рис. 2 приведена схема тормозного крана, который состоит из корпуса 21 с подводящим штуцером 22 и отводящим штуцером 23 пневматической секции, крышки 24. В крышке на оси 25 установлен рычаг 26, соединенный с одной стороны через шток 27 с педалью 28, а с другой – с золотником 29, имеющим проточку 30, возвратную пружину 31 и уплотнение 33.

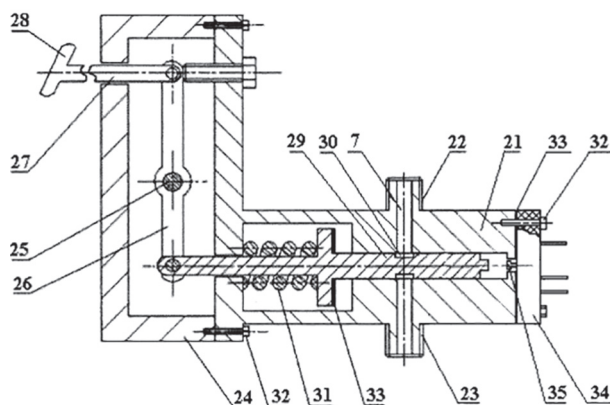


Рис. 2. Схема тормозного крана вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247

Fig. 2. Diagram of the brake valve of the auxiliary brake system of an electronically controlled vehicle according to utility patent No. 153247

Электрический контур включает в себя выключатель 34 с кнопкой 35 (рис. 2), соединенный электрическими проводами 36 через ЭБУ 37, который получает сигнал от датчика положения коленчатого вала 38, с обмоткой электромагнитного воздушного клапана 9. Причем выключатель 34 присоединен при помощи деталей крепления 32 к корпусу тормозного крана 21 таким образом, что золотник 29, находясь в исходном положении под действием пружины 31, нажимает на кнопку 35 выключателя 34, размыкая его контакты.

Вспомогательная тормозная система автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247 работает следующим образом.

В ресивере поддерживается давление в интервале от 0,6 до 0,75 МПа. Когда водитель воздействует на педаль тормозного крана, перемещается шток, который посредством рычага перемещает золотник. При этом кольцевая проточка 30 совмещается с каналами подводящего 22 и отводящего 23 штуцера пневматической секции 7, сообщая ресивер 6 через воздухопроводы с электромагнитным воздушным клапаном и пневмоцилиндрами 15, 17 и 19. При этом заслонка 16 перекрывает впускной патрубок 13, заслонка 18 перекрывает выпускной патрубок 14, а рейка ТНВД 20 перемещается в положение нулевой подачи топлива. При этом выключатель 34 подает напряжение на ЭБУ.

На рис. 3 приведена взятая из описания патента [1] расчетная индикаторная диаграмма изменения давления в цилиндре двигателя ЯМЗ-238М2 в режиме торможения с предлагаемой и штатной вспомогательными тормозными системами.

Анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247

Анализ вспомогательной тормозной системы проведем по всем тактам четырехтактного ДВС с использованием диаграмм фаз газораспределения (рис. 4).

Проведем анализ описанного в патенте [1] алгоритма работы предложенной системы и выявим допущенные ошибки.

1. Диаграмма (рис. 3) начинается с такта впуск, который авторы назвали тактом расширения (от точки *r* до точки *a*, и от точки *e* до точки *a'*), поскольку впускной патрубок перекрыт заслонкой, и воздух в него не впускается. Отмечается, что двигателем на этом такте совершается преимущественно отрицательная работа за счет разрежения.

Однако это неверно. В патенте не учтено, что на этом такте всасывающий клапан сообщает цилиндр с закрытым впускным патрубком (рис. 4), который имеет объем, больший, чем рабочий объем цилиндра, что уменьшает снижение давления. Такт начинается с давления порядка 0,75 МПа (точка *r*), поэтому разрежение (снижение давления ниже 0,1 МПа) не будет достигнуто, а, следовательно отрицательная работа будет отсутствовать.

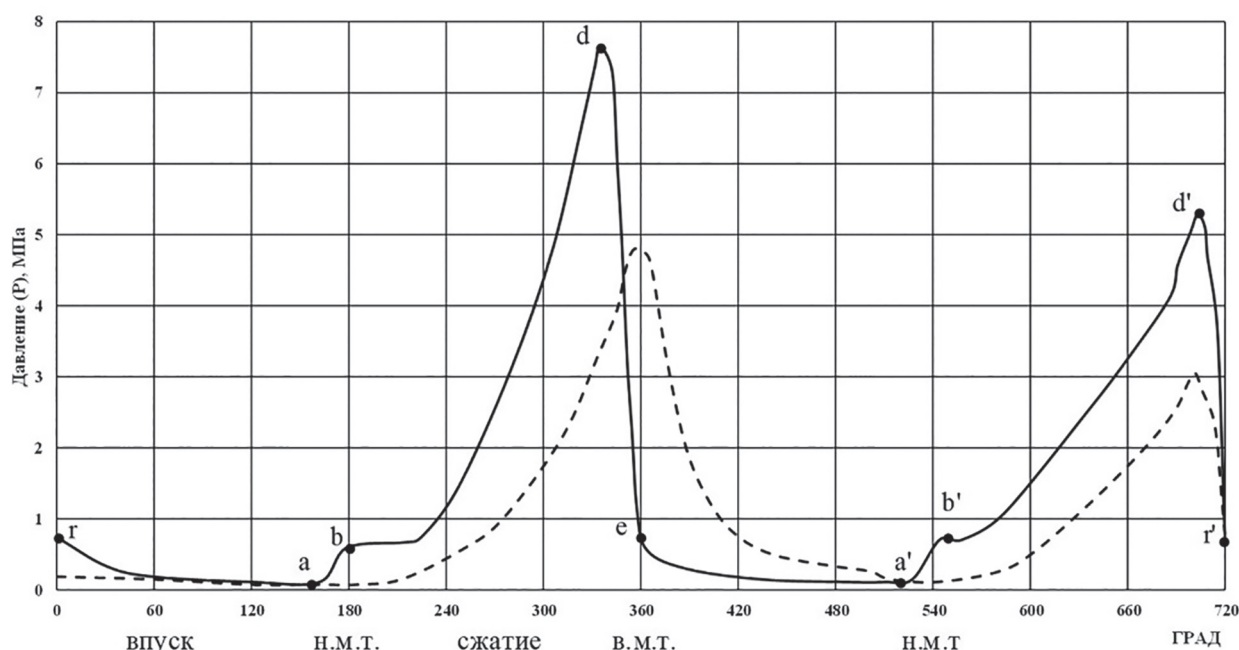


Рис. 3. Расчетная индикаторная диаграмма изменения давления в цилиндре двигателя ЯМЗ-238М2 в режиме торможения с предлагаемой (по патенту на полезную модель № 153247) и штатной вспомогательными тормозными системами:

Н.М.Т. – нижняя мертвая точка; В.М.Т. – верхняя мертвая точка;
сплошная линия – предложенная система, штриховая линия – штатная система

Fig. 3. Calculated indicator diagram of the pressure change in the cylinder of the YaMZ-238M2 engine in the braking mode with the proposed (according to the utility patent No. 153247) and standard auxiliary brake systems: l.d.c. – lower dead center; u.d.c. – upper dead center; solid line – proposed system, dashed line – standard system

2. На диаграмме видно, что за 20–30° до Н.М.Т. (от точки *a* до точки *b*, и от точки *a'* до точки *b'*) введены дополнительные такты выпуска сжатого воздуха в цилиндры из ресивера с помощью электроклапана, управляемого ЭБУ. Отмечается, что двигателем на этом дополнительном такте совершается преимущественно положительная работа, однако в патенте не учтено, что эта работа близка к нулю, т.к. практически отсутствует вертикальное перемещение поршня. Кроме того, в патенте не учтено, что выпускной клапан на дополнительном такте всасывания открыт, он закрывается с запаздыванием после прохождения поршнем В.М.Т. на угол 10–50°. Поэтому при открытии электроклапана давление должно подниматься в суммарном объеме цилиндра и выпускного тракта за очень короткое время. Это предъявляет трудновыполнимые требования к электромагнитному клапану: он должен обладать большим быстродействием и пропускной способностью, его пружины должны иметь большое предварительное поджатие, чтобы он удерживал с запасом давление в ресивере, которое для повышения эффективности тор-

можения двигателем в патенте рекомендуется максимально повышать.

3. На втором дополнительном такте от точки *b'* до точки *d'* проблема такая же, как в предыдущем случае, только она усугубляется тем, что в связи с перекрытием клапанов сжимаемый объем увеличивается на объем выпускного тракта, что потребует увеличения пропускной способности электромагнитного клапана.

4. В патенте отмечается, что в интервале от Н.М.Т. до 20–30° до В.М.Т. (от точки *b* до точки *d* на такте сжатия, от точки *b'* до точки *d'* на такте выпуска) совершается максимальная отрицательная работа сжатия. На дополнительных тактах расширения от точки *d* до точки *e* на такте сжатия, от точки *d'* до точки *r'* совершается отрицательная работа выпуска сжатого воздуха из надпоршневого пространства через электромагнитный воздушный клапан в ресивер. Это верно только для линии от точки *b* до точки *d*. От точки *d* до точки *e* на такте сжатия отрицательная работа не совершается – происходит просто выпуск сжатого воздуха из надпоршневого пространства, чтобы он

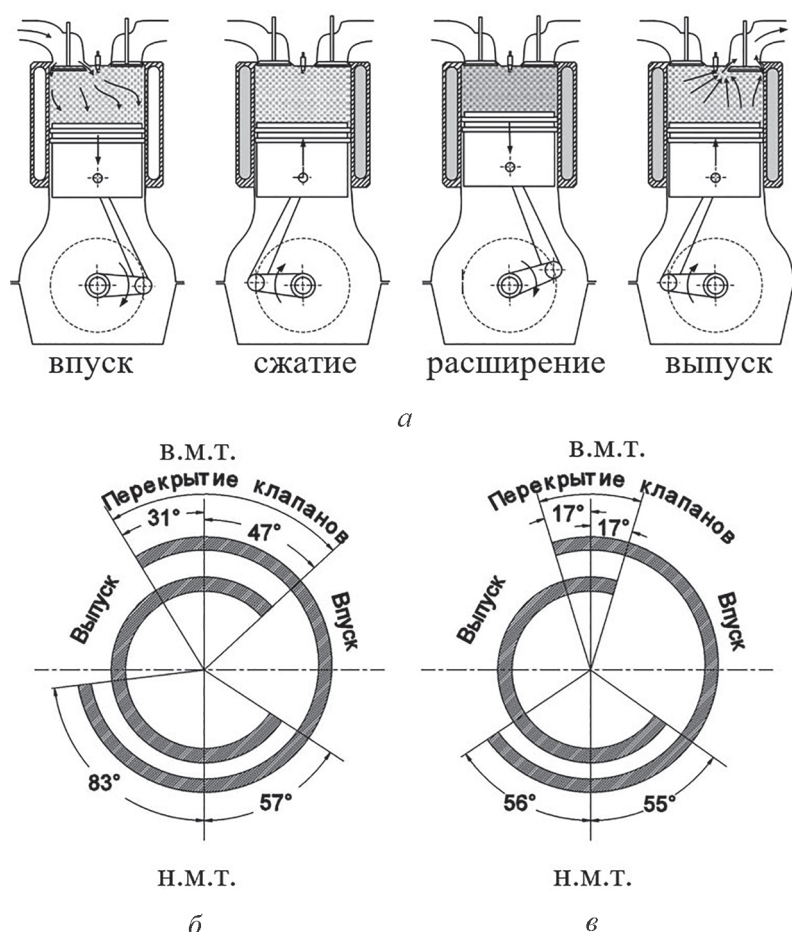


Рис. 4. Такты четырехтактного ДВС (а) и диаграммы фаз газораспределения: четырехтактного карбюраторного двигателя ЗИЛ-130 (б) и дизельного двигателя КАМАЗ-740 (в)

Fig. 4. Strokes of a four-stroke internal combustion engine (a) and valve timing diagrams of: a four-stroke ZIL-130 carburetor engine (b) and a KAMAZ-740 diesel engine (c)

не совершил положительную работу на следующем такте. Следует отметить, что для быстрого сброса давления электромагнитный клапан должен максимально быстро открыть большое проходное сечение в точке d , преодолевая силу действующего на тарелку клапана высокого давления (7,5 МПа) и силу предварительного поджатия клапанных пружин. Это очень трудновыполнимые требования.

5. Линия давления от точки b' до точки d' на такте выпуска изображена неверно. В патенте не учтено, что давление в выпускном тракте ограничено силой предварительного поджатия пружин выпускных клапанов двигателя, оно не должно превышать максимальное давление в ресивере и даже быть меньше (рекомендуется 0,3 МПа). Поэтому линия давления от точки b' до точки d' должна идти параллельно оси абсцисс, что снижает возможность получения заявленного повышения эффективности торможения в 2,5–3 раза.

Математическое обоснование требований к электромагнитному воздушному клапану вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247

Во время работы двигателя меняются как проходное сечение клапана, так и продолжительность его открытия. Площадь проходного сечения (рис. 5, а), рассчитывают по формуле:

$$f = \pi h_k (d_r \cos \alpha + h_k \sin \alpha \cos^2 \alpha) \approx \pi h_k (d_r \cos \alpha), \quad (1)$$

где h_k – ход клапана, мм; d_r – диаметр горловины впускного и выпускного клапанов, мм; α – угол рабочей фаски седла клапана, град.

На рис. 5, б видно, как плавно перемещаются штатные клапаны, а предложенный в патенте электромагнитный клапан должен

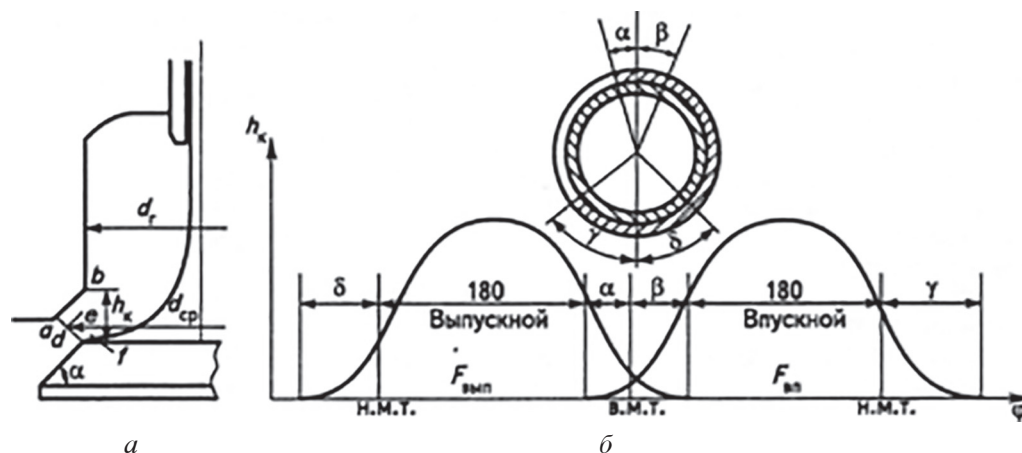


Рис. 5. Штатный клапан в открытом положении (а) и зависимости перемещения клапана от угла поворота коленчатого вала (характеристики «время – сечение» клапана) (б)

Fig. 5. The standard valve in the open position (a) and the dependence of the valve movement on the angle of rotation of the crankshaft (characteristics of the “time – section” of the valve) (b)

перемещаться более чем в 10 раз быстрее. Из фаз газораспределения двигателя ЗИЛ-130 (рис. 4, б) видно, что впускной клапан открывается за 31° до прихода поршня в в.м.т., а выпускной клапан закрывается при угле 47° поворота коленчатого вала после в.м.т., следовательно угол перекрытия клапанов составляет 78° . Открытие выпускного клапана происходит с опережением на 67° до н.м.т., а закрытие впускного клапана – с запаздыванием на 83° после н.м.т. Таким образом, общая продолжительность открытия каждого клапана составляет 294° по углу поворота коленчатого вала двигателя. В патенте предлагается осуществить газообмен электромагнитным клапаном за время поворота коленчатого вала на $20\text{--}30^\circ$, т.е. на порядок быстрее, что вызывает большие сомнения, для обоснования которых используем показатель «время – сечение». Он характеризует пропускную способность клапана и математически представляет собой интеграл от проходного сечения по времени:

$$\int_{\tau_0}^{\tau_3} f dt = \frac{\pi(d_r \cos \alpha)}{\omega_k} \int_{\phi_0}^{\phi_3} h_k d\phi, \quad (2)$$

где τ_3 и τ_0 , ϕ_3 и ϕ_0 – соответственно, время и углы открытия и закрытия клапана; ω – угловая скорость кулачка.

Интеграл $\int_{\phi_0}^{\phi_3} h_k d\phi$ равен площади под кривой перемещения клапана от угла поворота кулачка (рис. 5, б).

Из анализа рис. 5, б и приведенных формул следует, что для обеспечения сохранения пропускной способности клапана (постоянства пло-

щади под кривой его перемещения) при меньшем угле поворота коленвала необходимо пропорционально увеличивать высоту подъема электромагнитного клапана (или его диаметр). Поскольку в предложенном патенте [1] угол поворота коленвала, на котором срабатывает электромагнитный клапан, уменьшен в 10 раз по сравнению со штатным клапаном, то электромагнитный клапан должен иметь большие габариты, что конструктивно неосуществимо.

Заключение

Проведенный анализ эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247 позволяет сделать следующие выводы.

1. В описании патента не учтено, что на этом такте всасывания клапан сообщает цилиндр с закрытым заслонкой впускным патрубком (рис. 4), который имеет объем, больший, чем рабочий объем цилиндра, что уменьшает снижение давления. Такт начинается с давления порядка $0,75$ МПа (точка r), поэтому разрежение (снижение давления ниже $0,1$ МПа) не будет достигнуто, а следовательно, отрицательная работа будет отсутствовать.

2. В патенте не учтено, что на дополнительном такте всасывания (от точки a до точки b , и от точки a' до точки b') выпускной клапан открыт (рис. 3), поскольку он закрывается с запаздыванием после прохождения поршнем в.м.т. на угол $10\text{--}50^\circ$. Поэтому при открытии электроклапана давление должно подниматься в суммарном объеме цилиндра и выпускно-

го тракта за очень короткое время, соответствующее повороту коленвала на 20–30°. Это предъявляет трудновыполнимые требования к электромагнитному клапану: он должен обладать большим быстродействием и пропускной способностью, его пружины должны иметь большое предварительное поджатие, чтобы он удерживал с запасом давление в ресивере.

3. На втором дополнительном такте от точки b' до точки d' (рис. 3) проблема такая же, как в предыдущем случае, только она усугубляется тем, что в связи с перекрытием клапанов сжимаемый объем увеличивается на объем выпускного тракта, что потребует увеличения пропускной способности электромагнитного клапана.

4. На дополнительных тактах расширения от точки d (рис. 3) до точки e на такте сжатия, от точки d' до точки r' совершается отрицательная работа выпуска сжатого воздуха из надпоршневого пространства через электромагнитный воздушный клапан в ресивер. Это неверно – отрицательная работа не совершается, происходит просто выпуск сжатого воздуха из надпоршневого пространства, чтобы он не совершил положительную работу на следующем такте.

5. Для быстрого сброса давления электромагнитный клапан должен максимально быстро оторвать большое проходное сечение в точке d (рис. 3), преодолевая силу действующую на тарелку клапана высокого давления (7,5 МПа) и силу предварительного поджатия клапанных пружин. Это очень трудновыполнимые требования.

6. Линия давления от точки b' до точки d' (рис. 3) на такте выпуска изображена неверно. В патенте не учтено, что давление в выпускном тракте ограничено силой предварительного поджатия пружин выпускных клапанов двигателя, оно не должно превышать максимальное давление в ресивере и даже быть меньше (рекомендуется 0,3 МПа). Поэтому линия давления от точки b' до точки d' должна идти параллельно оси абсцисс, что снижает возможность получения заявленного повышения эффективности торможения в 2,5–3 раза.

7. Из анализа рис. 5, 6 и приведенных формул (1–3) следует, что для обеспечения сохранения пропускной способности клапана (постоянства площади под кривой его перемещения) при меньшем угле поворота коленвала необходимо пропорционально увеличивать

высоту подъема электромагнитного клапана (или его диаметр). Поскольку в предложенном патенте [1] угол поворота коленвала, на котором срабатывает электромагнитный клапан, уменьшен в 10 раз по сравнению со штатным клапаном, то электромагнитный клапан должен иметь большие габариты, что конструктивно неосуществимо.

Таким образом, поставленная в настоящей статье цель – проведение анализа эффективности и возможности создания вспомогательной тормозной системы автомобиля с электронным управлением по патенту на полезную модель № 153247 – достигнута. Анализ показал, что заявленное повышение эффективности предложенной системы завышено, а ее создание невозможно, поскольку не существует электромагнитного воздушного клапана удовлетворяющего предъявляемым к нему в данной конструкции требованиям.

Литература

1. Савельев М.А., Родин С.В., Прокофьев Д.В., Стрелков Д.Н., Новиков С.В., Пашков В.А., Левченко А.В. Вспомогательная тормозная система автомобиля с электронным управлением: патент на полезную модель RU 153247; заявка 2014119639/06, 15.05.2014; опубл. 10.07.2015.
2. Рябов И.М., Аль-Сумайдаи Ф.Р. Оценка ресурсосбережения при использовании ДВС автомобиля в качестве тормоза-замедлителя при служебных торможениях // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2019. № 4 (29). С. 33–37.
3. Рябов И.М., Аль-Сумайдаи Ф.Р. Особенности механических потерь в ДВС и их влияние на процесс торможения автомобиля двигателем // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2019. № 4 (29). С. 37–43.
4. Рябов И.М., Аль-Сумайдаи Ф.Р., И.М. Титов, С.В. Данилов. Обоснование целесообразности постоянного использования двигателя для служебных торможений автомобиля // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 10–19.
5. Рябов И.М., Аль-Сумайдаи Ф.Р., Соколов А.Ю. Данилов С.В., Аль-Джумайли А.Х. Анализ мощности механических потерь ДВС и определение уровня их повышения для обеспечения эффективного торможения автомобиля двигателем. // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. 2020. № 12. С. 13–20.

References

1. Patent na PM RU 153247 Vspomogatel'naya tormoznaya sistema avtomobilya s elektronnyim upravleniyem [Electronically controlled vehicle auxiliary braking system]. Savel'yev M.A., Rodin S.V., Prokof'yev D.V., Strelkov D.N., Novikov S.V., Pashkov V.A., Levchenko A.V. Zayavka 2014119639/06, 15.05.2014; opubl. 10.07.2015.
2. Ryabov I.M., Al'-Sumaydai F.R. Evaluation of resource saving when using the internal combustion engine of vehicle as a retarder during service braking. *Energo- i resursosberezheniye: promyshlennost' i transport*, 2019. No 4 (21), pp. 33–37 (In Russ.).
3. Ryabov I.M., Al'-Sumaydai F.R. Features of mechanical losses in the internal combustion engine and their effect on the process of braking vehicle by the engine. *Energo- i resursosberezheniye: promyshlennost' i transport*, 2019. No 4 (29), pp. 37–43 (In Russ.).
4. Ryabov I.M., Al'-Sumaydai F.R., I.M. Titov, S.V. Danilov. Justification of the advisability of constant use of the engine for service braking of the vehicle. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2020. No 3 (62), pp. 10–19 (In Russ.).
5. Ryabov I.M., Al'-Sumaydai F.R., Sokolov A.YU. Danilov S.V., Al'-Dzhumaili A.KH. Analysis of the power of mechanical losses of internal combustion engines and determination of the level of their increase to ensure effective braking of the vehicle by the engine. *Gruzovik: transportnyy kompleks, spets tekhnika*. 2020. No 12, pp. 13–20 (In Russ.).