

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДРОССЕЛЬНЫХ УЗЛОВ СИСТЕМ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС

В.М. Манойло, к.т.н., доц., ХНТУСХ, А.А. Дзюбенко, к.т.н., доц., ХНАДУ, М.С. Липинский, к.т.н., доц. БГАРФ, И.В. Колесник, аспирант, ХНТУСХ

***Аннотация.** В работе приведены особенности конструкции и принцип действия различных типов дроссельных узлов, в основном зарубежного производства, которые используются в системах воздухообеспечения бензиновых, газовых ДВС с искровым зажиганием, а также дизелей с электронным управлением.*

***Ключевые слова:** особенности конструкции узлов системы воздухообеспечения ДВС, поворотные электроуправляемые дроссельные заслонки, регуляторы холостого хода.*

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ І ПРИНЦИП РОБОТИ ДРОССЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ДВЗ

В.М. Манойло, к.т.н., доц., ХНТУСХ, О.А. Дзюбенко, к.т.н., доц., ХНАДУ, М.С. Липинський, к.т.н., доц. БДАРФ, І.В. Колеснік, аспірант, ХНТУСХ

***Анотація.** В роботі наведені особливості конструкції і принцип дії різних типів дросельних вузлів, в основному зарубіжного виробництва, які використовуються в системах повітропостачання бензинових, газових ДВЗ з іскровим запалюванням, а також дизелів з електронним управлінням.*

***Ключові слова:** особливості конструкції вузлів системи подачі повітря ДВЗ, поворотні електрокеровані дросельні заслінки, регулятори холостого ходу.*

CONSTRUCTION FEATURES AND THE PRINCIPLE OF THROTTLE OPERATION NODES OF AIR SUPPLY SYSTEMS FOR AUTOTRACTOR ENGINES

V. Manoilo, assistant professor, cand. eng. sc., KhNTUA, O. Dzyubenko, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU, M. Lipinsky, assistant professor, cand. eng. sc., BFFSA, I. Kolesnik, postgraduate, KhNTUA

***Abstract.** The design features and the principle of operation of various types of throttling units, mainly of foreign production, are used, which are used in the systems of air supply of gasoline, gas spark ignition engines, as well as diesel engines with electronic control.*

***Key words:** features of the design of units of the air supply system of internal combustion engines, rotary electro-controlled throttle valves, idle speed regulators.*

Введение

В современных системах воздухообеспечения автомобильных ДВС с искровым зажиганием широкое распространение получили дроссельные узлы, различного конструктивного исполнения, принцип действия которых име-

ет свои характерные отличительные особенности.

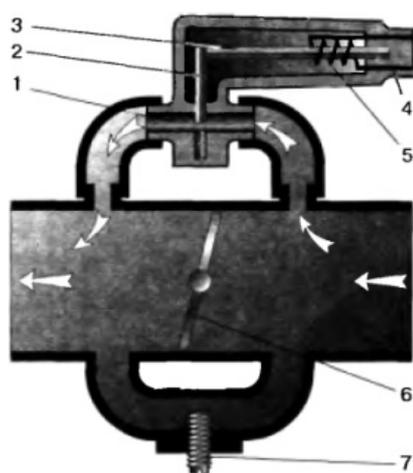
Поворотными заслонками дроссельного узла обеспечивается эффективное регулирование процесса подачи рабочего тела в цилиндры ДВС. Согласованная работа дроссельного

узла, систем топливоподачи, зажигания и т. д. контролируется комплексной системой управления ДВС, создает благоприятные условия для осуществления эффективного рабочего процесса в широком диапазоне изменения скоростных и нагрузочных режимов работы двигателей.

Анализ публикаций

Дроссельные узлы систем воздухообеспечения, адаптированные к автомобильным двигателям, изготавливаются в достаточно разнообразном конструктивном исполнении и отличаются между собой в основном функциональными возможностями (функциями) [1 – 5].

В конструкции механических дроссельных узлов [1] (первых поколений) отсутствовали подсистемы регулирования частоты вращения коленчатого вала ДВС на режимах холостого хода. Поэтому, в системах воздухообеспечения ДВС, параллельно с основным воздухопроводом, в которые устанавливается дроссельный узел с поворотной заслонкой, монтировался обходной (байпасный) канал. При помощи обходного канала в ДВС поступает рабочее тело (воздух), и двигатель устойчиво работает на режимах холостого хода. Особенности конструкции обходного канала приведены на рис. 1.



1 – воздушный обходной канал;
2 – регулировочная пластина;
3 – биметаллическая пластина; 4 – электрический разъем; 5 – спираль нагревателя; 6 – дроссельная заслонка; 7 – регулировочный винт частоты вращения коленчатого вала двигателя

Рис. 1. Общий вид обходного канала и, размещенной в нем, биметаллической пластины

При пуске ДВС, заслонка 6 закрыта, рабочее тело поступает в двигатель через обходной (байпасный) канал 1 с регулируемым сечением.

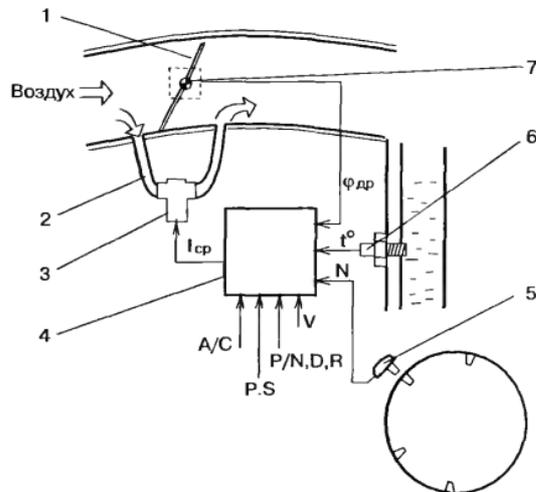
Причем, регулируемое сечение байпасного клапана тем больше, чем меньше значение температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения ДВС.

В процессе пуска двигателя на клеммы обмотки 5, размещенной внутри обходного канала, подается напряжение, в результате чего происходит нагрев биметаллической пластины 3. Биметаллическая пластина изготавливается из двух металлов с различным линейным расширением. В процессе нагрева пластины 3 нагреваются и медленно изгибается. При изгибе пластины проходное сечение обходного канала 1 перекрывается, количество рабочего тела поступающего в ДВС уменьшается, что приводит к некоторому снижению частоты вращения коленчатого вала, по мере прогрева двигателя. Согласование характеристик прогрева двигателя и регулирования сечения байпасного канала достигается выбором формы и характеристик биметаллической пластины 3. Окончательная стабилизация (корректирование) заданной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу при прогревом двигателя осуществляется специальным регулировочным винтом 7. Поворотом винта 7, можно в небольших пределах принудительно изгибать биметаллическую пластину и, тем самым, окончательно подобрать регулируемое проходное сечение канала, а также расход рабочего тела поступающего в цилиндры ДВС.

Подавляющее большинство современных ДВС, оборудованы системами впрыскивания топлива, и тем более комплексными системами управления двигателя, которые включают в себя подсистемы автоматического регулирования частоты вращения вала на режимах холостого хода. Принцип работы которых, основан на изменении проходного сечения обходного воздушного канала.

Управление исполнительными элементами в системах холостого хода осуществляется электронным блоком управления (ЭБУ) системы впрыскивания топлива (в более ранних модификациях управление осуществлялось отдельным блоком) по специальным алгоритмам.

тмам на основании обработки сигналов, исходящих от группы датчиков. Пример построения блок-схемы системы управления холостым ходом [1] приведен на рис. 2.



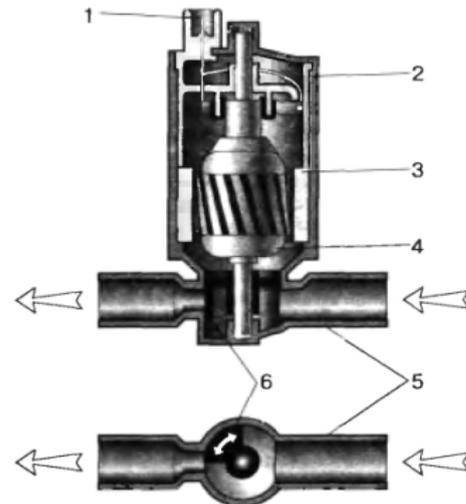
1- дроссельная заслонка; 2 – байпасный канал; 3 – исполнительный элемент (регулятор изменения проходного сечения канала); 4 – блок управления; 5 – датчик частоты вращения коленчатого вала ДВС; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – датчик положения дроссельной заслонки; A/C – сигнал включения кондиционера; P.S. – сигнал концевого датчика давления гидравлического усилителя рулевого механизма; P/N, D, R – сигнал положения рычага автоматической КПП; V – сигнал скорости автомобиля

Рис. 2. Блок-схема подсистемы холостого хода

Основным входным параметром является сигнал частоты вращения коленчатого вала ДВС. Для стабилизации частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу в блок управления параллельно поступает информация о положении дроссельной заслонки. Для этой цели может использоваться специальная пара контактов, замыкающихся при посадке рычага дроссельной заслонки на упор-ограничитель, либо потенциометр. Система регулирования обеспечивает автоматическое увеличение частоты вращения коленчатого вала ДВС после холодного пуска, и ее снижение по мере прогрева двигателя, а также компенсацию изменения частоты вращения при включении различных нагрузок (кондиционер, гидравлический усилитель рулевого управления, потребитель электрической энергии и т. д.) и некоторые другие функции. Исполнительными элементами в таких системах регулирования сечения байпасного канала могут использоваться специальные регуляторы самого разнообразного

принципа действия: поворотного типа, клапаны-соленоиды осевого перемещения, реверсивные двигатели постоянного тока, шаговые электродвигатели.

На рис. 3. показан регулятор [1], исполнительным элементом в котором является моментный двигатель фирмы Bosch.



1 – электрический разъем; 2 – корпус; 3 – постоянный магнит; 4 – якорь; 5 – обходной воздушный канал; 6 – регулирующая заслонка-сегмент

Рис. 3. Регулятор холостого хода, исполнительным элементом в котором является моментный двигатель фирмы Bosch

На клеммы регулятора подается импульсный сигнал с неизменной (от 100 до 200 Гц) скважностью, изменяемой в зависимости от необходимой степени изменения сечения канала. Изменение скважности управляющего импульса приводит к изменению величины среднего тока, протекающего по обмоткам регулятора и изменению положения регулирующего органа (заслонки-сегмента 6).

Сигнал управления моментным двигателем приведен на рис. 4.

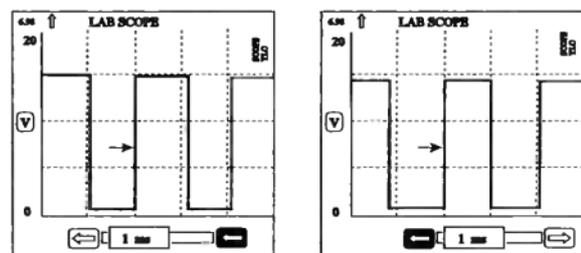
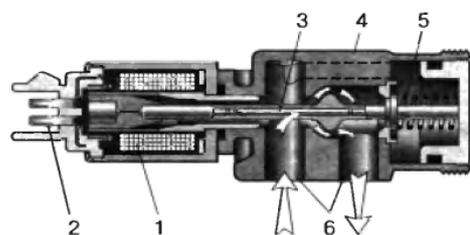


Рис. 4. Сигнал управления моментным двигателем PXX в отсутствие (а) и при включении (б) потребителей энергии

Распространенным типом регулятора холостого хода являются клапаны-соленоиды с продольным перемещением регулирующего органа (плунжера), вариант такого регулятора представлен на рис. 5 [1].



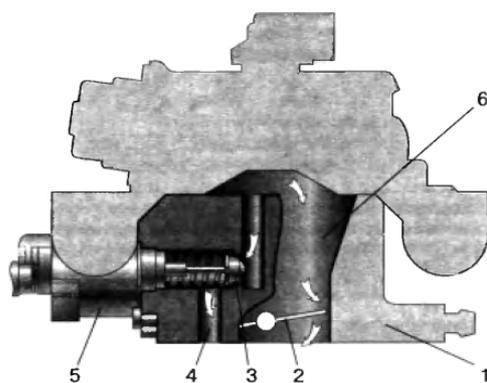
1 – обмотка соленоида; 2 – электрические контакты; 3 – подвижный шток; 4 – корпус; 5 – запирающая пружина; 6 – воздушные каналы для подвода и отвода рабочего тела

Рис. 5. Конструкция регулятора холостого хода изготовленного в виде клапана-соленоида

Сечение байпасного канала этих регуляторов, также зависит от значения среднего тока, протекающего по обмотке соленоида.

Конструкция дроссельной заслонки с регулятором холостого хода, у которого в качестве исполнительного механизма установлен шаговый электродвигатель [1], показана на рис. 6.

Известна конструкция [2] дроссельной заслонки фирмы Bosch V7.14034.00, которая в 1990 г была адаптирована на ДВС автомобилей ВАЗ. К корпусу дроссельного узла закреплен датчик углового положения поворотной заслонки, внутри которого имеется кнопочный переключатель.



1 – моноблок дроссельной заслонки; 2 – дроссельная заслонка; 3 – выдвижной шток регулятора; 4 – байпасный канал; 5 – РХХ

Рис. 6. Сегмент схемы регулятора холостого хода с использованием шагового электродвигателя

Переключатель включается в момент полного перекрытия заслонкой основного канала дроссельного узла. Рычаг включения режима холостого хода нажимает на кнопку включателя, и напряжение подается на клеммы шагового двигателя. Рычаг установлен на валике датчика. Датчик перемещения размещен на оси дроссельной заслонки. В момент полного перекрытия заслонкой основного канала дроссельного узла рабочее тело поступает в цилиндры ДВС через обходной канал. Проходное сечение в канале регулируется коническим клапаном, установленном на выдвижном штоке шагового двигателя.

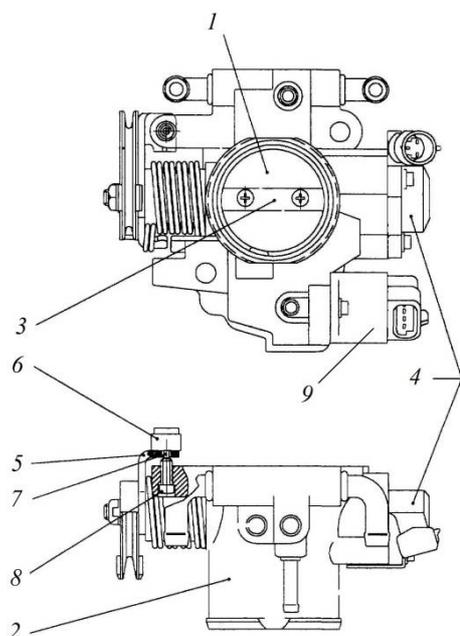
При полном открытии заслонки под воздействием рычага включения режима полной мощности, замыкаются соответствующие контакты датчика положения, и дополнительная информация поступает в блок управления.

При относительной простоте и надежности в работе, дроссельный узел имел следующие конструктивные недостатки:

- необходимость высокоточной установки датчика положения относительно корпуса дроссельного узла, чтобы нажатие кнопки переключателя рычагом включения режима холостого хода, происходило точно в момент полного закрытия заслонки;
- необходимость постоянного контроля и регулировки датчика положения, особенно при изменении положения заслонки, регулировочным винтом (в процессе регулировки отслеживать перетекание потока воздуха через зазор между заслонкой и стенками горловины корпуса);
- отсутствие промежуточных положений заслонки (между моментами включения режимов холостого хода и номинальной мощности), когда требуется более точный расчет топливоподачи в ДВС.

Недостатки вышеприведенного устройства были устранены в конструкции дроссельной заслонки ВАЗ-2112-1148010-32 [3], применяемой АО «АвтоВАЗ» на ДВС с системами распределенного впрыскивания топлива.

На рис.7. показан модифицированный вариант дроссельного узла, используемый на ДВС автомобиля ВАЗ-2112.



1 – дроссельная заслонка; 2 – корпус узла; 3 – ось заслонки; 4 – датчик положения заслонки; 5 – рычаг привода заслонки; 6 – переключатель режима холостого хода; 7 – кнопка; 8 – винт регулировочный; 9 – шаговый электродвигатель

Рис. 7. Общий вид дроссельной заслонки фирмы Bosch и регулятора холостого хода, приводимого шаговым электродвигателем (система распределенного впрыскивания)

Контроль положения заслонки осуществляется с помощью датчика положения потенциометрического типа 2112-148200, выдающий непрерывный электрический сигнал. Сигнал, имеет близкую к линейной зависимости наклонную характеристику, позволяющий точно рассчитать количество подаваемого топлива в цилиндры ДВС. Режимы холостого хода и номинальной мощности определяются не конкретными величинами, а диапазонами значений электрического сигнала датчика положения. Например, на режиме холостого хода сигнал датчика принимается в диапазоне значений от «R1» до «R2» при истинном значении «R» (Ом), причем $R1 < R < R2$. Это позволяет уйти от необходимости высокоточного монтажа датчика на корпусе дроссельного узла и постоянного его контроля при эксплуатации.

Принцип работы узла, описанный в патенте РФ № 2196909 [3]. Режим холостого хода включается при нажатии торцом регулировочного винта 8 на кнопку 7 переключателя режима холостого хода 6, установленного на рычаге привода заслонки 5. Данный импульс

сопоставляется системой управления с текущим сигналом от датчика положения 4, который и принимается за начальную точку отсчета при определении степени открытия заслонки 1, размещенной в корпусе 2 на оси 3. Таким образом, начальная точка отсчета постоянно корректируется, что позволяет независимо от степени воздействия таких факторов, как перепады температур, вибрации, агрессивные среды и влажность, приводящие к физическому износу рабочего элемента датчика положения 4 и изменению характеристики его электрического сигнала, с высокой степенью точности определять положение дроссельной заслонки 1.

Однако, реализация такого способа определения перехода от режима холостого хода к нагрузочным режимам не нашел своего применения на практике. В эксплуатируемых дроссельных заслонках отсутствует механический переключатель режима холостого хода (см. рис. 7). А, регулировочный винт 8 предназначен только для регулирования начального положения дроссельной заслонки, для предотвращения ее заклинивания в корпусе.

На практике момент перехода (углового перемещения заслонки) от режимов холостого к нагрузочным режимам осуществляется программным способом по информационным данным, исходящих от сигналов исполнительного датчика 4 (см. рис.7).

Современные двигатели, производство которых осуществляется ведущими зарубежными фирмами с 2000 г, оснащаются дроссельными узлами (нового поколения), которые позволяют упростить не только конструктивную схему систем воздухообеспечения ДВС, но и конструкцию самого дроссельного узла.

Для эффективного регулирования процесса подачи рабочего тела в цилиндры ДВС в широком диапазоне изменения скоростных и нагрузочных режимов работы, а также в целях упрощения конструктивной схемы системы воздухообеспечения современных автотракторных двигателей, целесообразно использовать электроуправляемые дроссельные узлы. Рациональный выбор конструктивных и регулировочных параметров, которых предопределяет их функциональные возможности и, следовательно, создает перспективы эксплуатации последних на автотракторных

ДВС в диапазоне мощностей от 60 до 450 кВт.

Разработкой и изготовлением таких дроссельных узлов занимаются зарубежные фирмы Bosch и Siemens.

Цель и постановка задачи

Целью работы является предоставление обобщенной технической информации (инженерно-техническим сотрудникам, профессионально занимающихся диагностированием, ремонтом и разработкой узлов систем воздухообеспечения автотракторных ДВС) об особенностях конструкции и принципах действия различных типов управляемых дроссельных узлов, используемых на транспортных двигателях внутреннего сгорания.

Особенности конструкции дроссельных узлов нового поколения, используемых в системах воздухообеспечения ДВС. В современных конструкциях систем воздухообеспечения ДВС, используются дроссельные узлы с электромеханическим либо электрическим приводом поворотной заслонки. Поворотные заслонки имеют круглую форму, а регулирование холостого хода в них осуществляется разными способами.

В таких устройствах, регулирование подачи рабочего тела в ДВС осуществляется путем непосредственного воздействия на дроссельную заслонку. Примером являются ДВС с литровыми объемами от 4.1 – 4.9 л для автомобилей Cadillac, оборудованные системами управления Mono-Jetronic и Mono-Motronic фирмы Bosch, либо системами EFP для автомобилей Mercedes-Benz и др.

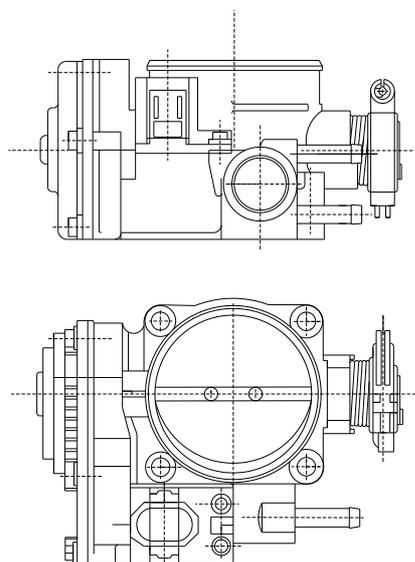
В электромеханическом дроссельном узле, разработанном фирмой Siemens (рис.8), байпасный канал выполнен совместно с основным в горловине дроссельного узла [4].

Виды и разрезы дроссельного узла приведены на рис.9 и рис.10.

В горловине корпуса дроссельного узла 1 на поворотной оси 2 установлена управляемая поворотная заслонка 3. Для предотвращения заклинивания заслонки, в горловине основного канала, она устанавливается под углом f , равным 12° .



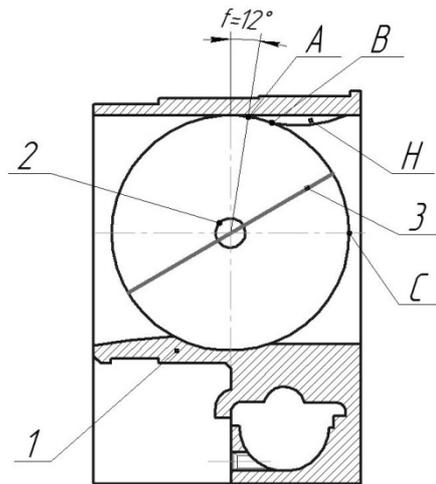
Рис. 8. Дроссельный узел фирмы Siemens с приводом системы холостого хода от шагового электродвигателя с планетарным редуктором и непосредственным приводом поворотной заслонки.



1 - корпус дроссельного узла в сборе; 2 – ось поворотной заслонки; 3 – дроссельная заслонка круглой формы; 4 - механический привод заслонки с узлом крепления гибкого троса; 5 и 6 – патрубки для подвода и отвода жидкости к дроссельному узлу; 7 – разъем для подвода электропитания к шаговому двигателю; 8 - цилиндрический редуктор привода поворотной заслонки

Рис. 9. Общий вид электромеханического дроссельного узла фирмы Siemens с системой регулирования холостого хода, приводимой шаговым электродвигателем с цилиндрическим редуктором

Сложный профиль горловины основного канала дроссельного узла спрофилирован таким образом, что в нем есть дополнительное отверстие H (байпасный канал) диаметром 14 - 16 мм (см. рис. 10).



1- корпус дроссельного узла; 2 поворотная ось;
3 – дроссельная заслонка

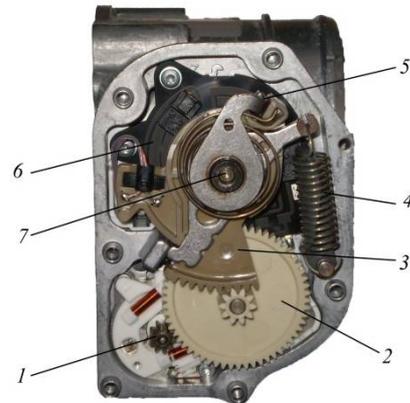
Рис. 10. Разрез дроссельного узла фирмы Siemens в сечении байпасного канала

С помощью этого отверстия по мере поворота торца заслонки от точки *A* к точке *B*, увеличивается площадь проходного сечения байпасного отверстия дроссельного узла и тем самым изменяется пропускная способность последнего, при работе ДВС на режимах холостого хода. В процессе дальнейшего поворота заслонки от точки *B* к полному ее открытию (повороту на 90° , см. участок *BC*), осуществляется регулирование подачи рабочего тела в цилиндры ДВС на режимах малых, средних и номинальных нагрузок. В точке *B* подача напряжения через микровыключатель на шаговый двигатель прекращается. Автоматическое поддержание режимов холостого хода ДВС тоже прекращается. В точке *B*, на протяжении всего участка *BC*, заслонка начинает поворачиваться относительно оси, через систему рычагов, уже под непосредственным воздействием ноги водителя.

При этом электронный блок управления получает сигнал информации (о угловом положении дроссельной заслонки) от датчика перемещения (реостатного устройства) установленного с противоположной стороны оси поворотной заслонки относительно непосредственного привода узла.

В узле имеются патрубки для подвода и отвода жидкости из системы охлаждения ДВС, с помощью чего обеспечивается стабильность температурного режима рабочего тела (воздуха).

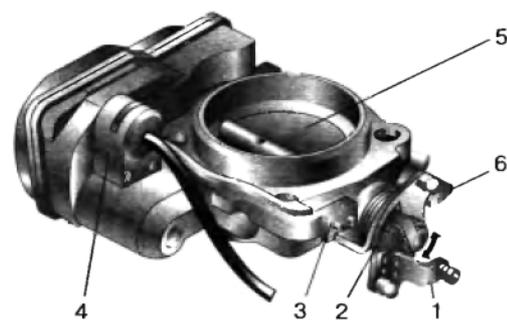
В системе регулирования холостого хода электромеханического дроссельного узла, используется шаговый электродвигатель с цилиндрическим редуктором (см. рис.11).



1 – зубчатое колесо шагового электродвигателя;
2 – промежуточное зубчатое колесо; 3 – зубчатый сектор управления холостого хода; 4 – возвратная пружина зубчатого сектора; 5 – подвижный контакт выключения режима холостого хода;
6 – контактные поверхности ДПДЗ; 7 – ось дроссельной заслонки

Рис. 11. Механизм регулирования холостого хода дроссельной заслонки фирмы Siemens с шаговым электродвигателем и цилиндрическим редуктором

Конструкция узла фирмы Bosch представлена на рис.12 [1], похожа на дроссельный узел разработанный фирмой Siemens (см. рис. 9), но имеет свои специфические особенности.



1 – приводной рычаг дроссельной заслонки;
2 – прорезь, ограничивающая пределы регулирования; 3 – выключатель холостого хода; 4 – электропривод; 5 – дроссельная заслонка;
6 – упор рычага

Рис. 12. Конструкция узла фирмы Bosch с приводом холостого хода от реверсивного двигателя постоянного тока и непосредственным приводом дроссельной заслонки

В узле нет патрубков для подвода и отвода жидкости из системы охлаждения ДВС, через которые обеспечивается подогрев рабочего тела в дроссельном узле.

На рис. 13 показан электроуправляемый дроссельный узел фирмы Bosch, у которого реверсивным электродвигателем постоянного тока осуществляется привод, как холостого хода, так и непосредственное управление поворотной заслонкой.

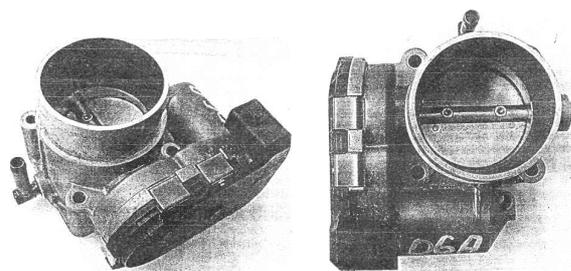


Рис. 13. Электроуправляемый дроссельный узел фирмы Bosch с приводом холостого хода и дроссельной заслонки от реверсивного электродвигателя

В узле выполнено дополнительное (байпасное) отверстие для регулирования режимов работы холостого хода двигателя, аналогичное технологическому мероприятию приведенному на рис 10 [6]. Цилиндрический редуктор, используемый в дроссельном узле, увеличивает запас крутящего момента на оси поворотной заслонки и снижает нагрузку по току на обмотку реверсивного электродвигателя. В отличие от схем, представленных на рис.1 – 8, в узлах (рис. 9 – 13) отсутствует обводной трубопровод. Конструктивно такие заслонки являются более простыми.

Дроссельный узел (рис. 13) управляется с помощью электроуправляемой педали (рис. 14), на которую непосредственно воздействует нога водителя АТС.

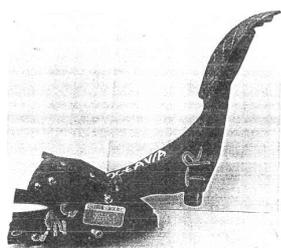


Рис. 14. Электроуправляемая педаль водителя электрически связанная с электроуправляемым дроссельным узлом

Выводы

Экспериментальные исследования [5], проведенные с газовым двигателем 6ГЧН 13/14, показали, слаженную и устойчивую работу двигателя, в широком диапазоне изменения частот вращения коленчатого вала ДВС, начиная, от режимов работы холостого хода и заканчивая режимами номинальной мощности. При проведении испытаний ДВС с газотурбинным наддувом, последний был оборудован электромеханическим дроссельным узлом фирмы Siemens.

Литература

1. Хрулев А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей.- М.: "За рулем"-2000.- с.430.
2. Патент России. № 2196908 С2 F 02 d 9/10, 11/10. Кузнецов Д.В. Устройство контроля положения дроссельной заслонки двигателя внутреннего сгорания. Дата публикации 10.09.2002.
3. Патент России. № 2196909 С2 F 02 d 9/10, 11/10. Кузнецов Д.В. Устройство контроля положения дроссельной заслонки двигателя внутреннего сгорания. Дата публикации 20.09.2002.
4. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т. 3. Комп'ютерні системи керування ДВЗ. / За редакцією А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ "ХПІ", 2004.
5. Теоретичні основи конвертування дизеля в двигун з розподільною подачею природного газу з газотурбінним наддуванням: Звіт про НДР/ХНАДУ. – Заключний звіт за темою № 07-53-10, – Харків, 2012. – 223 с.
6. Патент України на корисну модель №110518. F02M21/00,F02M51/00. Абрамчук Ф.І., Манойло В.М., Липинський М.С., Дзюбенко О.А. дроссельний вузол системи повітропостачання двигуна внутрішнього згорання. Дата реєстрації на видачу патенту від 25.10.2016 р.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 6 апреля 2017 р.