

А. П. Поляков, д. т. н., проф.; Б. С. Мариянко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОДИЗЕЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗОВПУСКНОГО УСТРОЙСТВА

В статье приведены данные об эффективности применения на газодизельных двигателях газовпускного устройства. Приведены математические расчеты циклов для дизелей, газодизелей без и с газовпускным устройством.

Ключевые слова: природный газ, дизельный двигатель, системы питания, смесеобразование, дизельный и газодизельный рабочие циклы, газовпускное устройство.

Одной из задач при создании новых транспортных средств или модернизации является уменьшение эксплуатационных расходов. По мнению специалистов, одним из направлений уменьшения эксплуатационных расходов транспортных средств является использование альтернативных, более дешевых видов топлива. Природный газ – реальная альтернатива жидким моторным топливам [1].

Использование природного газа в качестве моторного топлива позволит осуществить необходимое количество перевозок без изменения эксплуатационных расходов, кроме того это позволит высвободить значительное количество жидкого топлива для других нужд государства.

Применение природного газа в качестве моторного топлива в двигателях с искровым зажиганием не требует изменения конструкции двигателя, но приводит к уменьшению его мощности, что недопустимо для транспортных средств.

Наиболее целесообразно применять природный газ на дизелях транспортных средств, но температура воспламенения природного газа выше, чем у дизельного топлива, что обуславливает или установку на дизели дополнительной системы зажигания, что меняет конструкцию двигателя, или подачу в цилиндры двигателя незначительной доли дизельного топлива в качестве зажигательной дозы.

Второй способ более целесообразен, поскольку при его реализации в конструкцию двигателя не нужно вносить изменения, при этом двигатель сохраняет свойство полноценно работать на одном жидком топливе.

Анализ существующих систем питания дизелей газовым топливом с внешним смесеобразованием показал, что транспортные средства, оборудованные дизелем с системой питания с подачей газа во впускной коллектор двигателя под избыточным давлением, имеют более высокие динамические, экономические и экологические показатели по сравнению с транспортными средствами, которые оборудованы дизелем с системой питания с подачей газа во впускной коллектор двигателя под разрежением.

Основными недостатками существующей системы питания дизеля газовым топливом с подачей газа во впускной коллектор двигателя под избыточным давлением является сложность обеспечения однородности газозоудшной смеси и неравномерное ее распределение по цилиндрам двигателя, поэтому для решения этого вопроса необходимо поставить задачу по усовершенствованию системы питания двигателя газовым топливом с целью улучшения процесса смесеобразования во впускном коллекторе газодизельного двигателя.

Процесс смесеобразования значительно влияет на рабочий цикл двигателя [1]. При его улучшении повышается скорость сгорания, полнота сгорания топлива и, как следствие,

повышается экономичность цикла. Этого достигают благодаря тому, что в цилиндры двигателя будет попадать готовая гомогенная смесь, которая исключит смешивание воздуха и газа в самом цилиндре и увеличит скорость и полноту протекания химической реакции сгорания газовоздушной смеси.

Необходимо отметить, что в продуктах неполного сгорания в большей степени проявляется несгоревший метан, чем окись углерода. Содержание в продуктах горения природного газа 1% метана свидетельствует о потерях тепла из-за химической неполноты сгорания q_3 (около 10 %) [1].

При рассмотрении вопроса смешивания воздуха и газа в газодизеле была использована теория и практика сжигания газа в топках и печах промышленных установок. Форма впускного коллектора двигателя идентична смесителю топочной горелки, поэтому и сам процесс смешивания можно считать идентичным, следовательно, способы, применяемые для горелочных устройств с целью улучшения смесеобразования, можно использовать в двигателях внутреннего сгорания.

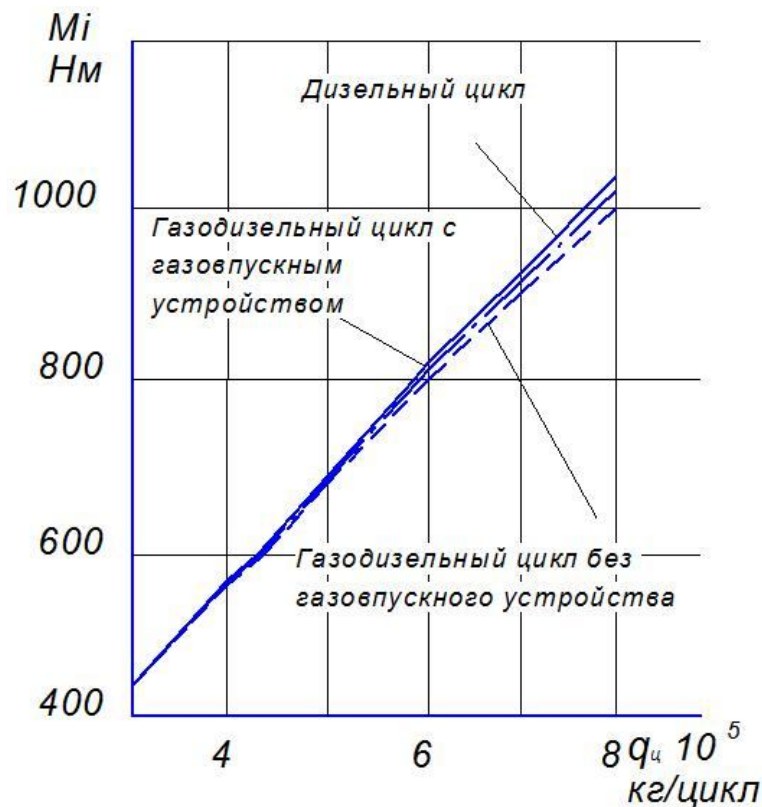
Исследования доказали, что на качество смешивания потоков воздуха и газа влияет ряд разнообразных факторов, с учетом которых была разработана методика определения минимальной зоны смешивания воздуха и газа во впускном коллекторе газодизеля [4]. Было разработано газовпускное устройство, которое предлагаем использовать вместо обычной форсунки подачи газа во впускной коллектор. Анализ результатов проведенных исследований установил, что для полного смешивания воздуха и газа на минимальном расстоянии во впускном коллекторе газодизеля ЯМЗ-238 необходимо использовать газовпускное устройство с четырьмя отверстиями для утечки газа, диаметр которых составляет 7,4 мм, а расположены они друг против друга. При таком количестве и диаметре форсунок в газовпускном устройстве происходит равномерное распределение природного газа как по блокам газодизеля, так и по цилиндрам, зона смешивания при этом составляет 270 мм вместо 1356 мм (почти в 4 раза меньше). Это позволяет использовать предложенную систему питания на транспортных средствах без конструктивных изменений впускной системы двигателя. Была предложена методика, которая позволяет определить конструктивные особенности форсунки подачи газа и место установки устройства для подачи газа во впускной коллектор газодизельного двигателя.

Для проверки работоспособности данного устройства были проведены экспериментальные исследования усовершенствованной системы питания с газовпускным устройством на газодизельном двигателе ЯМЗ -238.

При проведении эксперимента, в соответствии с ГОСТ 14846-81 [2], снимали внешнюю и частичные скоростные и нагрузочные характеристики двигателя при работе по дизельным и газодизельному циклами.

По нагрузочных характеристиках двигателя, при их исследовании вычисляли значения индикаторного крутящего момента M_i при определенных частотах вращения коленчатого вала газодизеля, которые находились в рабочем диапазоне скоростных режимов двигателя. Анализ нагрузочных характеристик показывает, что индикаторный момент двигателя с предложенной системой питания выше индикаторного момента двигателя с существующей системой питания до 2,8 % в зависимости от суммарной цикловой подачи топлива $q_{\text{сум}}$ (рис. 1).

При проведении экспериментальных исследований вторая степень редуктора низкого давления была настроена на начальное давление $p_{2\text{нач}} = 104$ кПа [4]. Суммарную цикловую подачу $q_{\text{сум}}$ газа и дизельного топлива настраивали так, чтобы номинальная мощность газодизеля была равна мощности базового дизеля ЯМЗ -238.



----- Дизельный цикл; ----- газодизельный цикл;
 ----- Газодизельный цикл с газовпускным устройством

Рис. 1. Зависимость индикаторного крутящего момента M_i газодизеля ЯМЗ - 238ГД от суммарной цикловой подачи топлива

Зажигательная доза дизельного топлива была принята равной 30 % от номинальной подачи дизельного топлива при работе газодизеля по дизельному циклу, поскольку при таких значениях происходит стабильная подача дизельного топлива на низких частотах вращения коленчатого вала двигателя.

Характеристика индикаторного крутящего момента M_i газодизеля при работе по газодизельному циклу с газовпускным устройством была аппроксимирована полиномом третьей степени:

$$M_i = 96,7757448 + 104,2831671q_{ц} + 5,7450358q_{ц}^2 - 0,5299496q_{ц}^3;$$

где $q_{ц}$ – количество топлива на цикл.

Температура отработанных газов Tr , выходящих из левого и правого блоков цилиндров, при проведении экспериментальных исследований оставалась практически одинаковой, что свидетельствует о равномерном распределении природного газа газовпускным устройством по блокам цилиндров газодизеля.

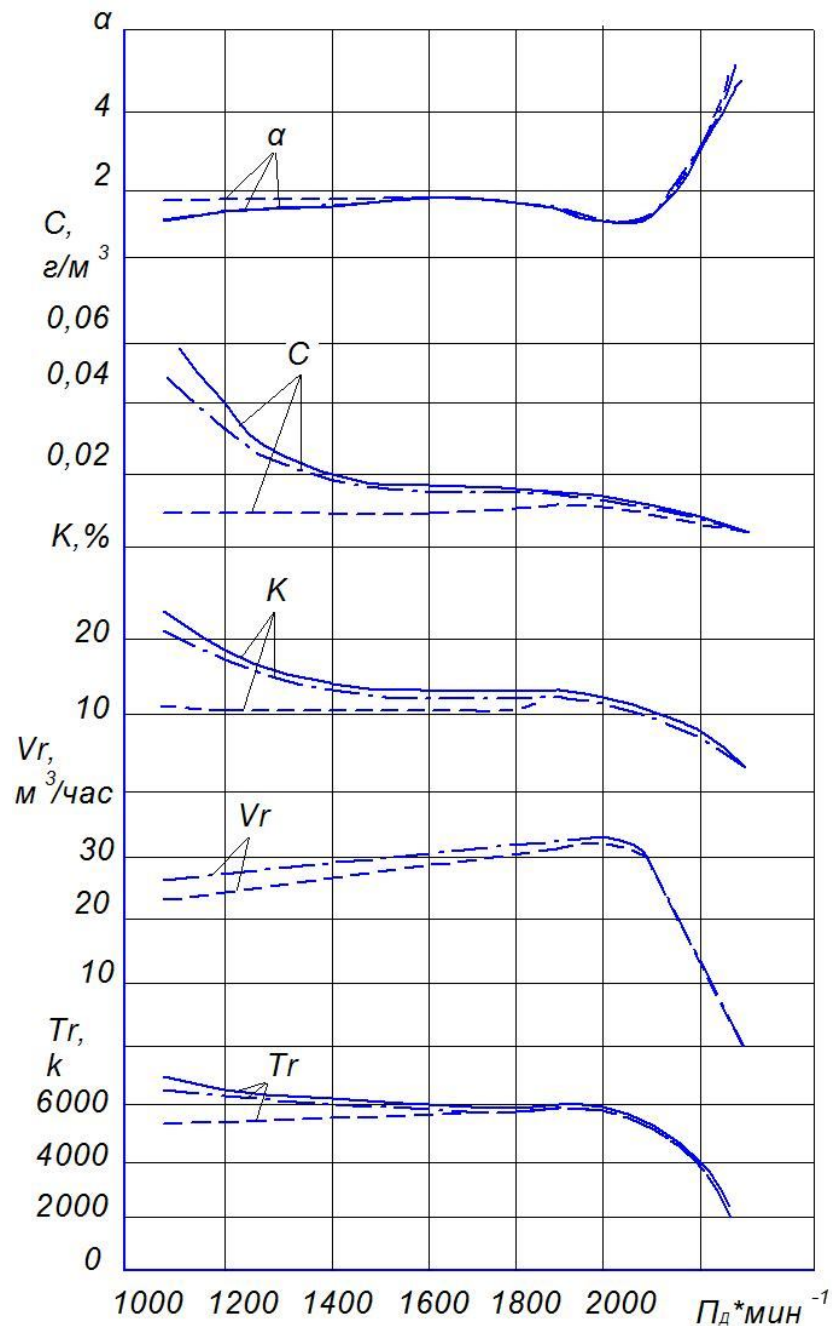
Характеристика температуры отработанных газов газодизеля при работе по газодизельному циклу с газовпускным устройством была аппроксимирована полиномом второй степени:

$$Tr = 432,3274 + 0,30225n_d^2 + 10,47061q_{сум} - 0,001n_d^2 - 0,09027q_{сум}^2 + 0,000617n_dq_{сум};$$

где $q_{сум}$ – суммарная цикловая подача топлива, n_d – частота вращения коленчатого вала.

Данные уравнения использовали в математической модели "Транспортное средство – окружающая среда", в основу которой была положена математическая модель системы "Водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда" [3]. Математическая модель системы "Транспортное средство – окружающая среда" позволяет исследовать как

показатели работы двигателя, так и показатели движения транспортного средства в условиях эксплуатации, проводить исследования по влиянию на динамические, экономические и экологические показатели транспортного средства модернизации системы питания.



-----дизельный цикл;

————газодизельный цикл без газовпускного устройства;

-.-.-.-газодизельный цикл с газовпускным устройством

Рис. 2. Зависимости коэффициента избытка воздуха α , дымности K и концентрации сажи CO в отработанных газах, температуры отработанных газов Tr и расхода газа V_r от частоты вращения коленчатого вала n_d газодизеля ЯМЗ -238

Основным отличием математической модели системы "Транспортное средство – окружающая среда" от математической модели системы "Водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда" является то, что в математическую модель подсистемы "Газодизель с системой регулирования частоты вращения коленчатого вала" были внесены полученные уравнения температуры отработанных газов Tr , индикаторного крутящего момента

двигателя M_i , империческое уравнения коэффициента расхода дозатора газа, а также был включен блок определения минимальной зоны смешивания воздуха и газа во впускном коллекторе двигателя, что позволяет исследовать динамические, экономические и экологические показатели транспортного средства с усовершенствованной системой питания.

Анализ результатов расчетного исследования показал (рис. 2), что при использовании усовершенствованной системы питания двигателя природным газом с газовпускным устройством по сравнению с системой питания двигателя природным газом без газовпускного устройства, уменьшаются затраты природного газа на 4,2 % при сохранении одинаковых показателей мощности, что приводит к увеличению коэффициента избытка воздуха на 4,3 %, а в смеси с дизельным топливом до 3,4 %, в результате этого температура отработанных газов уменьшилась на 1,9 %, их дымность на – 6,7 %, а концентрация сажи на – 12,8 %.

Исследование динамических показателей транспортного средства с газодизелем доказали, что при осуществлении разгона машины на дороге с асфальтобетонным покрытием до скорости 60 км/час. расход топлива для машины с массой 16000 кг уменьшился на 4,3 %, путь за время разгона уменьшился на 4,5 %. При этом экологические показатели улучшились в среднем на 4,6 %.

Повышение энергетических и экономических показателей газодизеля транспортного средства связано с улучшением показателей рабочего цикла, что обусловлено более полным перемешиванием воздуха и газа во впускном коллекторе двигателя.

Таким образом, основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод о повышении тягово-динамических, экономических и экологических показателей транспортных средств с газодизелем с усовершенствованной системой питания при использовании газовпускного устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А. В. Контроль сжигания газообразного топлива / Авдеев А. В. – М.: Энергия, 1975. – 254 с.
2. ГОСТ 14846-81 (СТ СЭВ 765-77). Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – [Чинний від 1982-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 55 с.
3. Математическая модель системы “Водитель – автомобиль с газодизелем – дорога – окружающая среда” / К. Е. Долганов, А. П. Поляков, З. И. Краснокутская [та ін.] // Укр. трансп. ун-т. – Киев. – 1996. – 39 с.
4. Поляков А. П. Експериментальні дослідження дозатора газу / А. П. Поляков, М. М. Мартиненко // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2002. – Випуск 11. – С. 187 – 191.

Поляков Андрей Павлович – д. т. н., профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, тел. 098-905-26-11.

Мариянко Богдан Сергеевич – студент института машиностроения и транспорта.
Винницкий национальный технический университет.