

## ПРИМЕНЕНИЕ БИНАРНОГО ТОПЛИВА В ДВС С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ

Фролов С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», Нижний Новгород, Россия (603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97), e-mail: [jolobovlev@yandex.ru](mailto:jolobovlev@yandex.ru); [frolsa2007@mail.ru](mailto:frolsa2007@mail.ru).

В статье рассматривается применение бинарного топлива для двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием, рассмотрено влияние бинарного топлива на технико-экономические показатели и на токсичность отработавших газов двигателя внутреннего сгорания. Создана экспериментальная установка, которая позволяет проводить испытания двигателя на бензине, газе и на бензо-газовой смеси. На экспериментальной установке измеряются необходимые экономические и энергетические показатели, а также токсичность отработавших газов. Были проведены теоретические исследования: рассчитаны цикловые подачи по каждому виду топлива, а также построена скоростная характеристика двигателя при работе на бензине и на газе. Анализ скоростной характеристики и цикловых подач позволяет рассчитать соотношение бензина и газа в бензо-газовой смеси в зависимости от скоростного режима двигателя. Результаты исследований показывают, что применение бинарного топлива позволяет улучшить экономичность работы двигателя, при этом обеспечивая эффективную мощность на уровне двигателя, работающего на бензине.

Ключевые слова: система питания, бинарное топливо, токсичность, экспериментальная установка, измерение расходов, расчёт цикловых подач.

## APPLICATION OF THE BINARY FUEL ENGINE WITH SPARK IGNITION

Frolov S.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nizhniy Novgorod State agricultural academy», Nizhni Novgorod, Russia (603107, Nizhni Novgorod, Gagarin's avenue, 97), e-mail: [frolsa2007@mail.ru](mailto:frolsa2007@mail.ru).

The article discusses the use of a binary fuel for internal combustion engines with spark ignition, the influence of binary fuel on technical and economic performance and exhaust emissions of internal combustion engine. An experimental setup that allows you to test the engine on petrol, gas and petrol-gas mixture. In the experimental apparatus measured the required economic and energy indicators, as well as emissions. Theoretical studies have been carried out: calculated cyclic feeding on each type of fuel, as well as built-speed characteristics of the engine on petrol and gas. Analysis of high-speed performance and cycle innings calculates the ratio of petrol and gas in petrol-gas mixture, depending on the speed of the motor. The results show that the application of the binary can improve fuel efficiency of the engine, while providing efficient power at the engine running on gasoline.

Keywords: power system, the binary fuel toxicity, experimental setup, flow measurement, the calculation of cycle innings.

Применение сжиженного газа в качестве моторного топлива позволяет повысить экономичность и снизить токсичность отработавших газов, но при этом имеет значительный недостаток – снижение мощности и крутящего момента двигателя на средних и высоких нагрузочных режимах, вследствие более низкой теплотворной способности.

Одним из путей сохранения мощности и крутящего момента при работе двигателя на газомоторном топливе является подача определённой дозы бензина в газо-воздушную смесь, поступающую в двигатель [1].

Для оценки количества поступаемого в двигатель топлива был проведён расчёт цикловых подач двигателя, работающего на газе, бензине и на бензо-газовой смеси.

Были рассчитаны теоретические цикловые подачи двигателя работающего на бензине, газе и на бензо-газовой смеси:

- цикловой расход бензина подчиняется следующей зависимости;

$$g_{ц} = 0,0766n^4 - 1,5806n^3 + 12,044n^2 - 38,366n + 104,87 \quad (1)$$

- цикловой расход газа;

$$g_{ц} = 0,0616n^4 - 1,2717n^3 + 9,6902n^2 - 30,869n + 84,381 \quad (2)$$

- цикловой расход газа при работе на бензо-газовой смеси подчиняется зависимости;

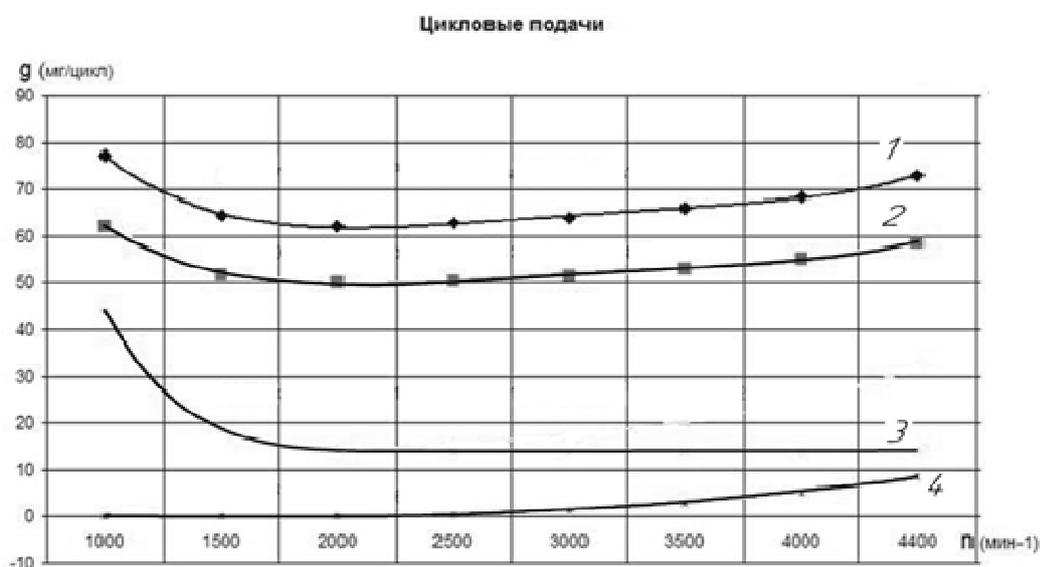
$$g_{ц} = 0,0026n^6 - 0,0874n^5 + 1,1999n^4 - 8,6117n^3 + 34,023n^2 - 70,028n + 120,69 \quad (3)$$

- цикловой расход бензина при работе на бензо-газовой смеси.

$$g_{ц} = 0,2791n^2 - 1,361n + 1,3676 \quad (4)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя ( $\text{мин}^{-1}$ );  $g_{ц}$  – цикловая подача топлива ( $\text{мг/цикл}$ ) [5].

На (рис. 1) представлены цикловые подачи по газу и бензину в отдельности, а также представлена цикловая подача при работе двигателя на бензо-газовой смеси.



**Рис. 1 Зависимости цикловых расходов.**

1 – расход газа; 2 – расход бензина; 3 – расход газа при работе на бензогазовой смеси; 4 – расход бензина при работе на бензо-газовой смеси

На основании рассчитанных цикловых подач была построена внешняя скоростная характеристика двигателя, работающего на бензо-газовой смеси (Рис.2).



**Рис. 2 Теоретическая внешняя скоростная характеристика двигателя.**

1 – эффективный удельный расход топлива при работе на газе; 2 – эффективный удельный расход топлива при работе на бензине; 3 – часовой расход бензина; 4 – часовой расход газа; 5 – эффективная мощность при работе на бензине; 6 – эффективная мощность при работе на газе; 7 – крутящий момент при работе на бензине; 8 – крутящий момент при работе на газе

На теоретической скоростной характеристике двигателя с искровым зажиганием, работающего на разных видах топлива, можно выделить две зоны (Рис. 2.).

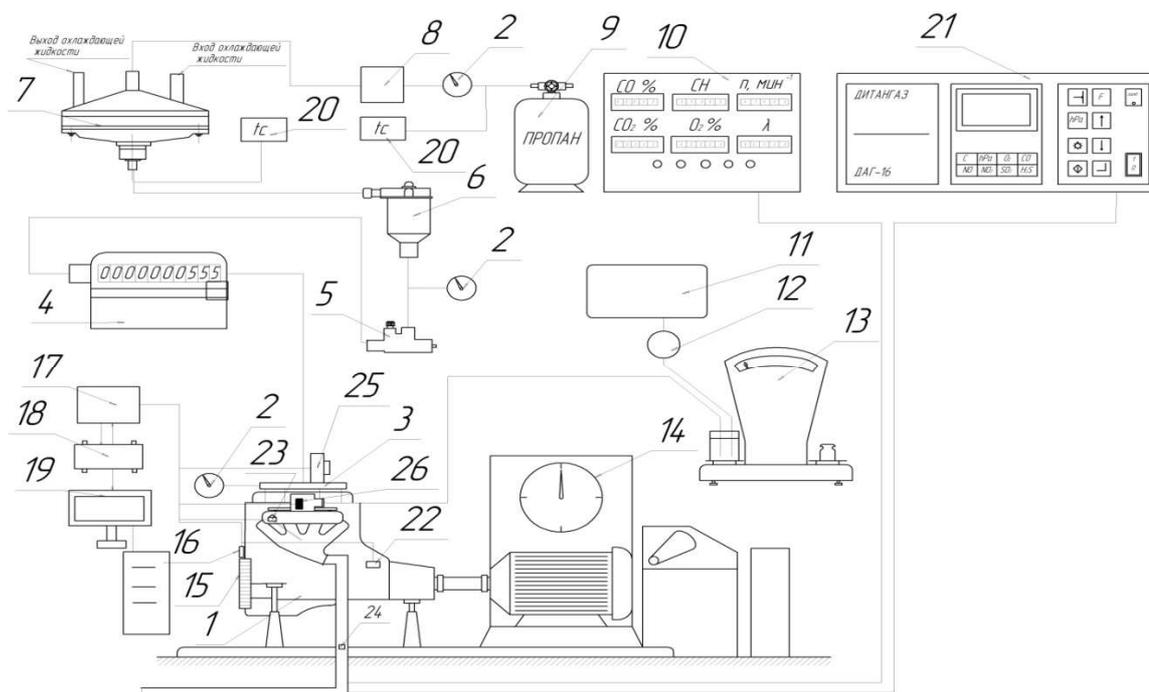
В первой зоне используется чистый газ, во второй зоне предлагается для двигателя с искровым зажиганием применять бинарное топливо, состоящее из смеси газа и бензина.

Анализ результатов обработки скоростных характеристик показывает, что при достижении примерно одинаковых показателей по изменению мощности и крутящего момента, снижается расход топлива и улучшается экономичность работы.

Для подтверждения теоретических результатов исследований нами была разработана экспериментальная комбинированная (бинарная) система питания двигателя, работающего на бензо-газовой смеси. На кафедре «Тракторы и автомобили» НГСХА был получен Патент РФ на данную систему питания № 73935 от 19.03.2008 г. Такая система предполагает одновременное использование газа и бензина. Бензин при этом используется лишь на определённых режимах. В режиме прогрева двигателя используется бензин 100%, а в режиме средних и максимальных нагрузок в цилиндр двигателя добавляется бензин, но не больше 20% к газу, полнота сгорания образовавшейся бензо-газовой смеси при этом увеличивается, уменьшая количество токсичных веществ в отработавших газах. В режиме холостого хода и

частичных нагрузок можно использовать чистый газ, так как он обеспечивает необходимую мощность и оптимальные экологические показатели [4].

Бинарная система питания испытуемого двигателя представлена на (рис. 3).



**Рис. 3** Схема бинарной системы питания:

1 – двигатель М-21; 2 – датчик давления; 3 – газовая рампа; 4 – газовый счетчик; 5 – газовый дозатор; 6 – фильтр отстойник; 7 – газовый редуктор; 8 – газовый клапан; 9 – баллон газовый; 10 – газоанализатор Инфракар М1-01; 11 – топливный бак; 12 – топливный фильтр; 13 – весовое устройство; 14 – тормозной стенд; 15 – спецдиск; 16 – датчик положения коленчатого вала; 17 – блок управления; 18 – адаптер; 19 – персональный компьютер; 20 – термопары; 21 – газоанализатор ДАГ-16; 22 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 23 – датчик абсолютного давления; 25 – датчик массового расхода воздуха; 26 – датчик положения дроссельной заслонки

Исследовательская установка представляет собой бензиновый двигатель объёмом 2,4 л., установленный на тормозном стенде с двумя системами питания. Одной из составляющих является штатная топливная система питания, в которой исключены все вспомогательные системы за исключением главной дозирующей системы. Диффузор и главный топливный жиклёр с переменным сечением обеспечивают точное дозирование бензина во время проведения стендовых испытаний. Бензин из топливного бака поступает на электронные весы, с помощью которых измеряется расход бензина, далее бензин проходит через фильтр очистки и поступает к топливному жиклеру [4].

Система питания газа состоит из газового баллона 9, через вентиль мульти клапана баллона газ поступает к газовому клапану 8, который управляется с помощью электрической

схемы. Далее газ в жидкой фазе поступает в испаритель редуктора 7, редуктор выбирается с учётом рабочего объёма двигателя. При испарении газа резко снижается его температура, поэтому редуктор включен в систему охлаждения, откуда подаётся охлаждающая жидкость температурой 85-95 С<sup>0</sup>, также в редукторе снижается давление газа с 1,6 Мпа до рабочего, равного 0,1 Мпа. Из редуктора испаренный газ поступает в фильтр-отстойник 6, где очищается от примесей. Очищенный газ поступает в дозатор 5, после чего проходит через газовый счетчик 4 и попадает в специально изготовленную топливную рампу 3, где, распределяясь на потоки, поступает на впускные клапаны цилиндров. Туда же подается бензо-воздушная топливная смесь из штатной топливной системы. В результате перемешивания воздуха, низкомолекулярных газовых углеводородов и высокомолекулярных бензиновых углеводородов создаётся топливная смесь, приводящая к полному её сгоранию.

Во время снятия характеристик на тормозном стенде определяются основные характеристики двигателя: эффективная мощность, крутящий момент, часовой и удельный расходы топлива. На установке с помощью специальных приборов и термопар замеряется температура испаряемого газа до редуктора и испаренного газа после прохождения редуктора. Так же измеряется температура бензо-воздушной смеси во впускном коллекторе. На экспериментальной установке были установлены дополнительные датчики и электронный блок управления (17) для снятия необходимой информации. Качество смеси оценивает коэффициент избытка воздуха –  $\alpha$ , для его определения необходимо знать действительный расход воздуха, для этого используется датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) (25). Для определения абсолютного давления во впускном коллекторе используется датчик абсолютного давления. При открытии дроссельной заслонки и изменении давления датчик абсолютного давления передает сигнал в блок управления (17), степень открытия дроссельной заслонки при этом оценивает датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ) (26). На стенде дополнительно были установлены датчики температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) (22) и датчик температуры отработавших газов. (ДТОГ) (24). Информация со всех датчиков поступает в электронный блок управления (ЭБУ). Программа управления хранится в специальной памяти и реализуется в микропроцессоре. В качестве периферийных компонентов исполнительные устройства и датчики представляют интерфейс между автомобилем и ЭБУ. ЭБУ получает электрические сигналы от датчиков, эти сигналы могут быть следующих типов:

В пределах диапазона аналоговые входные сигналы могут принимать практически любые значения напряжения. Примерами физических величин, которые рассматриваются как аналоги измеренных значений напряжения в нашем случае, является массовый расход воздуха на впуске, напряжение аккумуляторной батареи, давление во впускном коллекторе и

давление наддува, температура охлаждающей жидкости и воздуха на впуске. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в микропроцессоре ЭБУ преобразует эти значения в цифровые сигналы, с которыми затем микропроцессор проводит расчеты. Максимальная разрешающая способность этих сигналов является ступенчатой, 5мВ на один бит (приблизительно 1000 шагов) [2].

Цифровые входные сигналы имеют только два значения. Они могут быть только или «высокими» или «низкими» (логическая единица «1» или логический ноль «0» соответственно). Примерами цифровых входных сигналов в нашем случае являются сигналы включения/выключения или сигналы цифровых датчиков. Такие сигналы обрабатываются непосредственно микропроцессором.

Импульсные входные сигналы от индуктивных датчиков, содержащие информацию в нашем случае частоты вращения и положения коленчатого вала, обрабатываются в их собственном контуре в ЭБУ. Здесь мнимые сигналы подавляются, а импульсные сигналы преобразуются в цифровые прямоугольные сигналы.

Для ограничения напряжения входных сигналов до максимально допустимого значения в ЭБУ используются защитные цепи. Путем применения устройств фильтрации наложенные сигналы помех в большинстве случаев отделяются от полезных сигналов, которые в случае необходимости затем усиливаются до допустимого в микропроцессоре уровня входного сигнала (0...5 В) [3].

На персональном компьютере с помощью специального программно-вычислительного комплекса отображаются цифровые значения необходимых данных.

Для оценки концентрации вредных веществ в отработавших газах используются газоанализаторы «Инфракар М» и «ДАГ-16». Газоанализатор «Инфракар М» замеряет токсичность отработавших газов при работе двигателя на бензине, а газоанализатор ДАГ-16 замеряет токсичность отработавших газов при работе двигателя на газообразном топливе.

В ходе проведения исследований были рассчитаны теоретические цикловые подачи топлива при работе двигателя на бензине, газе и бензо-газовой смеси, рассчитана теоретическая внешняя скоростная характеристика, на которой обозначена зона использования бензо-газовой смеси в зависимости от скоростного режима двигателя и создана экспериментальная установка для проведения испытаний двигателя, работающего на бензине, газе и бензо-газовой смеси.

## Список литературы

1. Васильев Ю.Н. Транспорт на газе / Ю.Н. Васильев, А.И. Гриценко, Л.С. Золотаревский. – М.: Недра, 1992. – 342 с.
2. Гаврилов А.К. Газобаллонное оборудование автомобилей / А.К.Гаврилов, Л.Н. Бухаров, Н.Г. Певнев. – М.: Недра, 1991. – 141 с.
3. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем/ А.К. Гирявец. – М.: Стройиздат, 1997. – 161 с.
4. Жолобов Л.А., Фролов С.А., Двухтопливная система питания ДВС // XVII Нижегородская сессия молодых учёных, технические науки: Материалы XVII-й Региональной науч.-практич. Конф.– Н. Новгород: РАНХиГС, 2012. – С.113-116.
- 5 Жолобов Л.А., Фролов С.А., Применение бинарного топлива в системе питания ДВС с искровым зажиганием // Научно-техническое творчество молодёжи – путь к обществу, основанному на знаниях: Сб. докл. III Международной науч.-практич. конф. – Москва, 2011.– С.70-72.

**Рецензенты:**

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок Владимирского государственного университета Министерства образования и науки, г. Владимир.

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, главный специалист ООО «Завод инновационных продуктов» КТЗ, г. Владимир.