

РЕГУЛИРОВКА БЕНЗИНОВОГО ДВС ПРИ ПЕРЕВОДЕ ЕГО НА СЖИЖЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ

Г.Н. Злотин, д.т.н., Е.А. Захаров, к.т.н., А.В. Кузьмин;
Волгоградский государственный технический университет

В работе представлены результаты экспериментальных исследований двигателя ВАЗ-1111 при работе его на бензине и на сжиженном газе, а также рекомендации по регулировке систем зажигания и питания двигателя. Конвертирование бензинового двигателя в двухтопливный требует проведения теоретических и экспериментальных исследований.

При переводе двигателя ВАЗ-1111 на сжиженный газ необходима коррекция регулировок систем зажигания и питания. При правильной регулировке угла опережения зажигания и состава топливоздушная смесь обеспечивается максимально эффективное использование сжиженного газа как моторного топлива в двухтопливном двигателе.

В настоящее время как альтернатива жидким топливам для двигателей наземных транспортных средств все шире используется сжиженный нефтяной газ (СГ). Положительные качества СГ как моторного топлива хорошо известны: более широкие концентрационные пределы воспламенения, лучшие антидетонационные свойства, большая нормальная скорость сгорания и т. п. Поскольку при эксплуатации автомобиля доля расходов на топливо достигает 75 %, переход на СГ дает значительную экономию. Проблема сокращения эксплуатационных расходов рассмотрена применительно к двигателям ВАЗ -1111 микролитражных автомобилей «Ока».

В настоящее время применительно к бензиновым ДВС чаще всего реализуется концепция двухтопливного двигателя. Суть ее заключается в том, что двигатель снабжается двумя системами питания топливом, одна из которых предназначена для работы на бензине, а другая — для работы на газе. Каждое из названных топлив имеет специфические физико-химические свойства, которые желательно максимально учитывать, чтобы повысить эффективность их использования в транспортных ДВС.

При сложившейся у нас в стране практике автомобильные заводы выпускают однотопливные легковые автомобили, предусматривающие в основном использование бензина. Выпускающиеся на заводах бензиновые однотопливные двига-

тели проходят при подготовке к производству глубокие исследования, в ходе которых определяются оптимальные регулировки всех систем двигателя, обеспечивающие высокую топливную экономичность и улучшающие их экологические характеристики. Последующее их конвертирование в двухтопливный вариант осуществляется чаще всего на предприятиях, не располагающих ни теоретической базой, ни практическими возможностями обоснованно провести коррекцию регулировок основных систем двигателя (прежде всего системы зажигания и питания). Это сказывается на эффективности использования СГ как моторного топлива в двухтопливном ДВС.

На кафедре «Теплотехника и гидравлика» Волгоградского государственного технического университета были проведены теоретические и экспериментальные исследования двигателя ВАЗ-1111 при работе на бензине и на газе, в ходе которых были получены данные, позволяющие провести коррекцию регулировок систем этого двигателя при переводе его на питание СГ. Для проведения экспериментов штатная система топливоподачи была дополнена оборудованием для питания его СГ.

Ниже приведены некоторые результаты экспериментов. Для сокращения трудоемкости опытов было использовано их математическое планирование с применением центрального композиционного рототабельного равномерного планирования второго порядка. В итоге результаты экспериментов удалось предоставить в виде регрессионных уравнений, представляющих зависимость мощности P_e и удельного эффективного расхода топлива b_e от регулировки двигателя по параметрам:

θ — угол опережения зажигания;

α — коэффициент избытка воздуха в топливоздушной смеси;

n — частота вращения вала двигателя;

$\varphi_{др}$ — угол открытия дроссельной заслонки; оценивается в процентах от его полного открытия.

Аналогичные зависимости были получены для выбросов оксида углерода при работе на бензине и на газе. Приняты следующие обозначения:

$(P_e)_б$ и $(P_e)_г$ — эффективные мощности при работе на бензине и газе; $(b_e)_б$ и $(b_e)_г$ — удельные эффективные расходы топлива в тех же случаях.

Ниже в качестве примера приведены регрессионные уравнения, связывающие $(P_e)_\theta$ и $(P_e)_\alpha$ с θ , α , n , $\varphi_{др}$:

$$\begin{aligned} (P_e)_\theta = & -16,091 - 0,079\theta + 39,411\alpha + \\ & + 0,0045n - 0,0497\varphi_{др} - 0,0024\theta^2 - \\ & - 24,33\alpha^2 - 5,4 \cdot 10^{-7}n^2 - 0,0009\varphi_{др}^2 + \\ & + 0,197\theta \cdot \alpha + 2,18 \cdot 10^{-5}\theta \cdot n - 7 \cdot 10^{-5}\theta \cdot \varphi_{др} - \\ & - 0,002\alpha \cdot n + 0,49\alpha \cdot \varphi_{др} + 4,93 \cdot 10^{-5}n \cdot \varphi_{др}; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (P_e)_\alpha = & -13,972 + 0,298\theta + 16,433\alpha + \\ & + 0,005n - 0,043\varphi_{др} - 0,006\theta^2 - \\ & - 10,69\alpha^2 - 7,5 \cdot 10^{-7}n^2 - 0,0004\varphi_{др}^2 + \\ & + 0,057\theta \cdot \alpha + 4,38 \cdot 10^{-6}\theta \cdot n + 0,00033\theta \cdot \varphi_{др} + \\ & + 0,00027\alpha \cdot n + 0,026\alpha \cdot \varphi_{др} + 3,3 \cdot 10^{-5}n \cdot \varphi_{др}. \end{aligned} \quad (2)$$

С помощью уравнений (1) и (2) можно, в частности, определить углы опережения зажигания, обеспечивающие максимальные значения эффективной мощности как при работе на бензине, так и при работе на газе. В табл. 1 приведены для разных n и $\varphi_{др}$ значения θ (°ПКВ до ВМТ), соответствующие $(P_e)_{\max}$.

Как видно, при переводе двигателя с бензина на пропанобутановую смесь требуются меньшие углы опережения зажигания, причем с увеличением частоты вращения различие это возрастает. Аналогичная закономерность имеет место и при иных значениях α .

Теоретические исследования закономерностей формирования начального очага горения позволили дать объяснение этому факту. Дело в том, что нормальная скорость распространения фронта пламени смеси воздуха со сжиженным газом при прочих равных условиях превышает величину этой скорости для смесей воздуха с бензином. В результате образования начального очага горения в первом случае происходит быстрее, что соответственно уменьшает оптимальные значения угла опережения зажигания.

Следует отметить, что при использовании в качестве топлива СГ эксперименты не выявили значительного влияния частоты вращения вала двигателя на величину θ , соответствующую

Таблица 1

Значения угла опережения, соответствующие $(P_e)_{\max}$ при работе на бензине (числитель) и при работе на газе (знаменатель), $\alpha = 0,95$

$\varphi_{др}$	Значения θ , ° ПКВ до ВМТ при n об/мин		
	2000	3000	4000
30	31/29	36/29,5	40,5/30
50	31/29,5	36/30	40/30
70	31/30	35,5/30,5	39,5/31
90	30,5/30,5	35/31	39,5/31,5

$(P_e)_{\max}$. Причины этого явления требуют дополнительного изучения.

Влияние нагрузки не вызвало заметной коррекции $\varphi_{др}$ ни при работе двигателя на газе, ни при его работе на бензине.

Эксплуатационная топливная экономичность, в условиях городской и пригородной езды автомобиля в значительной степени определяется расходом топлива на средних и малых нагрузках. Возможность сокращения расхода топлива, как известно, напрямую связано с обеспечением эффективной работы двигателя на обедненных топливоздушных смесях. Оптимальные данные, полученные в ходе сравнительных экспериментальных исследований, позволили связать регрессионными уравнениями удельные эффективные расходы $(b_e)_\theta$ и $(b_e)_\alpha$ с указанными выше факторами:

$$\begin{aligned} (b_e)_\theta = & 2147,44 - 18,87\theta - 3152,42\alpha - \\ & - 0,053n + 5,71\varphi_{др} + 0,434\theta^2 + \\ & + 1688,7\alpha^2 + 2,62 \cdot 10^{-6}n^2 - 0,0099\varphi_{др}^2 - \\ & - 10,86\theta \cdot \alpha + 0,00065\theta \cdot n - 70,013\theta \cdot \varphi_{др} + \\ & + 0,053\alpha \cdot n - 2,388\alpha \cdot \varphi_{др} - 0,00048n \cdot \varphi_{др}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (b_e)_\alpha = & 618,699 - 8,163\theta - 677,2\alpha + \\ & + 0,146n + 2,356\varphi_{др} + 0,125\theta^2 + \\ & + 437,98\alpha^2 - 8,795 \cdot 10^{-6}n^2 - 0,0079\varphi_{др}^2 + \\ & + 2,283\theta \cdot \alpha - 0,0001\theta \cdot n - 0,033\theta \cdot \varphi_{др} - \\ & - 0,122\alpha \cdot n - 2,41\alpha \cdot \varphi_{др} + 0,00065n \cdot \varphi_{др}. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения (3) и (4) дают возможность в числе прочего определить значения α , соответствующие $(b_e)_{\min}$ на любом скоростном и нагрузочном режимах и определенном угле опережения зажигания (табл. 2).

Как видно, переход с бензина на газ сопровождается возможностями существенного эффективного обеднения топливоздушной смеси. Принципиально такие же выводы получаются при работе ДВС на иных скоростных режимах и θ . Естественно, что расширение пределов эффективного обеднения смеси при переходе на СГ сопровождается улучшением топливной экономичности. Например, при $\theta = 30^\circ$ ПКВ до ВМТ, $\alpha = 1,2$, $n = 2800$ об/мин, $\varphi_{др} = 80\%$ удельный

Таблица 2

Значения α , соответствующие $(b_e)_{\min}$ при работе на бензине (числитель) и при работе на газе (знаменатель) при $n = 2500$ об/мин, $\theta = 30^\circ$ ПКВ до ВМТ

$\varphi_{др}$	α
30	1,01/1,13
50	1,03/1,18
70	1,04/1,24
90	1,05/1,29

эффективный расход газа $(b_e)_г = 287,5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, а бензина $(b_e)_б = 397 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$. Это позволяет для данного режима и регулировки существенно уменьшить расходы на топливо в расчете на 1 кВт · ч.

Таким образом, при переходе на сжиженный нефтяной газ можно наряду с указанным ранее уменьшением угла опережения зажигания, рекомендовать предусматривать регулировку системы питания на более бедную по сравнению с бензином топливовоздушную смесь.

Это позволит в большей степени использовать преимущества газа как топлива по сравнению с бензином.

Следует отметить, что, кроме сказанного, во всем исследовавшемся диапазоне α применение газа вместо бензина привело к значительному сокращению концентрации CO в отработавших газах. На рисунке для бензовоздушных и газозвудушных смесей приведены зависимости выбросов CO от α при $\varphi_{др} = 80 \%$, $n = 3000 \text{ об/мин}$, $\theta = 30^\circ$ ПКВ до ВМТ.

Как следует из рисунка, для указанного там режима работы ДВС переход от бензина к газу привел к сокращению выбросов CO в отработавших газах. Так при $\alpha = 0,8$ выбросы CO сократились в 2,6 раза, а при $\alpha = 1,2$ — почти в 1,5 раза.

Это еще раз подтверждает, что перевод ДВС с бензина на газ позволяет уменьшить экологическое давление автомобилей на окружающую среду.

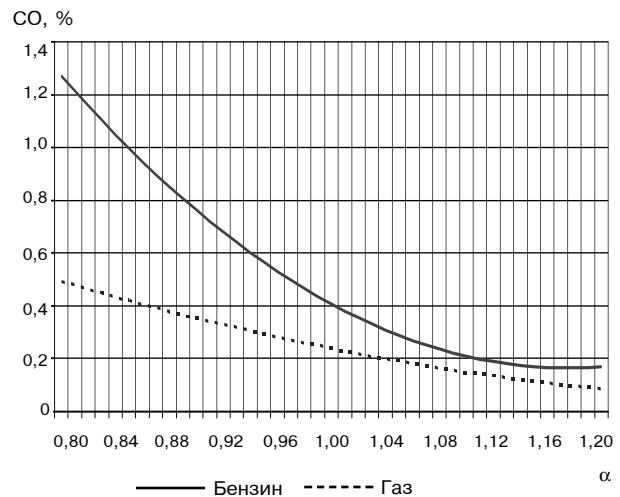


Рис. Зависимость CO от α
($\varphi_{др} = 80 \%$; $n = 3000 \text{ об/мин}$; $\theta = 35$)

Выводы

Перевод карбюраторного бензинового двигателя ВАЗ-1111 на СГ желательно сопровождать изменением регулировок его систем зажигания и питания: угол опережения зажигания должен быть уменьшен в соответствии с данными таблицы, а коэффициент избытка воздуха увеличен. Применение СГ вместо бензина при правильной регулировке смеси двигателя позволяет примерно вдвое сократить денежные затраты на топливо при эксплуатации автомобиля «Ока». Переход с бензина на СГ положительно влияет на экологические характеристики этого автомобиля.

ЮБИЛЕЙ!



Вячеславу

Аркадьевичу

50 лет

Шелеметьеву

27 мая 2007 г исполнилось 50 лет Вячеславу Аркадьевичу Шелеметьеву, техническому директору ОАО ХК «Коломенский завод», почетному машиностроителю, члену редакционной коллегии журнала «Двигателестроение»

Трудовая биография Вячеслава Аркадьевича связана с Коломенским заводом, куда он был направлен молодым специалистом в 1979 г. после окончания Воронежского политехнического института. Вячеслав Аркадьевич прошел производственный путь от помощника мастера до заместителя генерального директора по коммерческим вопросам, затем по маркетингу, сбыту и внешнеэкономическим связям. В 2001 г. Шелеметьев В.А. был назначен техническим директором ОАО «Коломенский завод». Он внес значительный личный вклад в создание новой техники. Под его руководством на предприятии разработаны и построены новый пассажирский тепловоз ТЭП70БС с энергоснабжением вагонов поезда, первый российский грузовой тепловоз 2ТЭ70, электровоз постоянного тока ЭП2К, дизельные агрегаты для резервных дизель-электрических станций АЭС, дизель-дизельный агрегат для боевого корабля класса «Корвет», дизельные двигатели для подводных лодок нового поколения «Лада».

Коллектив ОАО «Коломенский завод» и редакция журнала «Двигателестроение» поздравляют Вячеслава Аркадьевича с юбилеем и желают крепкого здоровья, счастья и дальнейших успехов в создании современной техники на благо России