

УДК 621.43

**А.В. Мотлохов, канд. техн. наук, И.В. Рыкова, канд. техн. наук., В.Г. Степанко, инж.
А. Амброзик д-р техн. наук**

ВЛИЯНИЕ ТИПА ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Возможности повышения эксплуатационной экономичности автомобиля, показателем которой является путевой расход топлива, всегда интересовали владельцев личных автомобилей. Поэтому с по дорожением моторных топлив у автолюбителей появились различные приспособления, направленные на снижение путевого расхода в виде проставок под карбюратор-завихрители, конуса, проволочные пунтаны для турбулизации заряда на впуске и улучшения испарения топлива, подвод отработавших газов по трубке, соединяющей выпускной и впускной коллекторы для рециркуляции отработавших газов и замещения части топливовоздушной смеси отработавшими газами при наполнении цилиндра. В действительности подобные усовершенствования вносили дополнительное сопротивление на впуске в двигатель, для компенсации которого приходилось больше открывать дроссельную заслонку, обогащать смесь. В результате вместо экономии топлива, как правило, путевой расход топлива увеличивался, а во многих случаях двигатель глох, на режиме холостого хода работал только при повышенной частоте вращения коленчатого вала или просто не запускался, после чего все работы по модернизации проводились в обратном порядке.

Более правильным подходом к снижению эксплуатационных затрат является перевод бензинового двигателя на менее дорогое газообразное топливо – сжиженные пропан-бутановые смеси. Но и в этом случае желаемый эффект не всегда достижим. Многие владельцы автомобилей идут по пути снижения затрат на топливо поэтапно – сначала дефорсируют двигатель и переходят с дорогого высокооктанового бензина на низкооктановый, а затем еще на более дешевое топливо – газ. В этом случае проявляется техническое несоответствие параметров двигателя для эффективного использования энергетических возможностей высокооктанового топлива, каким является газ. Если же учесть сложность настройки газовой аппаратуры на оптимальный состав смеси в широком поле эксплуатационных режимов работы двигателя, то уменьшение затрат на топливо за счет меньшей стоимости газа незначительно, вследствие повышенного его расхода. Поэтому, прежде чем приступить к модернизации двигателя с целью улучшения его эксплуатационной экономичности, необходимо разобраться в особенностях его работы,

оценить возможный уровень эксплуатационных расходов.

Рассмотрим особенности конструкции и организации рабочих процессов нескольких типов двигателей легковых автомобилей, влияющих на путевой расход топлива.

Наиболее широко используется в качестве силовой установки для автомобилей карбюраторный двигатель. Перерасход топлива двигателями подобного типа (автомобили ЗАЗ, ВАЗ, ГАЗ, АЗЛК) связан с наличием общего впускного коллектора на четыре цилиндра с разной длиной каналов внутренней и наружной пар цилиндров, что ставит их в неравнозначные условия при наполнении свежим зарядом. Для обеспечения стабильного воспламенения смеси во всех цилиндрах необходимо некоторое обогащение смеси практически на всех режимах работы двигателя, а дополнительное переобогащение смеси на режиме резкого наброса нагрузки приводит к увеличенному расходу топлива двигателем с карбюраторной системой питания, в сравнении с бензиновым двигателем с системой впрыскивания и подачей топлива во впускной коллектор в непосредственной близости от впускного клапана. В этом случае впускные каналы коллектора выполняются удлиненными для обеспечения динамического наддува двигателя и одинаковой длины, чтобы конструкция коллектора не оказывала влияния на состав смеси при наполнении цилиндров. Использование электронной системы регулирования позволяет поддерживать экономичный состав топливовоздушной смеси на основных эксплуатационных режимах работы, что в целом и обеспечивает повышение топливной экономичности бензиновых двигателей с системой впрыскивания.

Значительное снижение эксплуатационных расходов достигается в случае применения на автомобиле дизельного двигателя, который на всех режимах работает при значительном избытке воздуха, что предопределяет эффективное сгорание топлива. Однако при одинаковом литраже дизель существенно уступает по мощности бензиновому двигателю. Например, при одинаковом литраже ($iV_{lit}=1,5$ л) карбюраторный двигатель ВАЗ-2103 по сравнению с дизелем ВАЗ-341 развивает значительно большую мощность (55 кВт против 40 кВт у дизеля). В связи с этим необходимо отметить, что достаточная в рядо-

вой эксплуатации мощность (порядка 15...20 кВт) в дизеле достигается более эффективным способом.

На рис.1 для сравнения представлено изменение удельного эффективного и часового расходов топлива автомобильными двигателями с $iV_h=1,5$ л – ВАЗ-2103 и УМЗ-412Д с карбюраторной системой питания, ВАЗ-2109 с системой распределенного впрыска во впускной коллектор и дизельного – ВАЗ-341 по нагрузочной характеристике при частоте вращения коленчатого вала $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Данная характеристика является одной из поля рабочих характеристик двигателя, но на ней имеется режим со значением среднего эффективного давления $p_e = 0,2$ МПа, что соответствует значению эффективной мощности двигателя $N_e = 5 \text{ кВт}$, при которой обеспечивается движение автомобиля со скоростью 60 км/час по ровному участку дороги на прямой передаче. Данный режим движения принят заводами-изготовителями автомобилей за один из режимов сравнения величин путевого расхода топлива. Среди представленных автомобильных двигателей наибольший расход топлива у двигателя УМЗ-412Д и составляет 2,6 кг/час или 3,4 л/час, что в пересчете составит 4,8 л / 100 км ($\rho_B = 0,75 \text{ кг/дм}^3$) и превышает

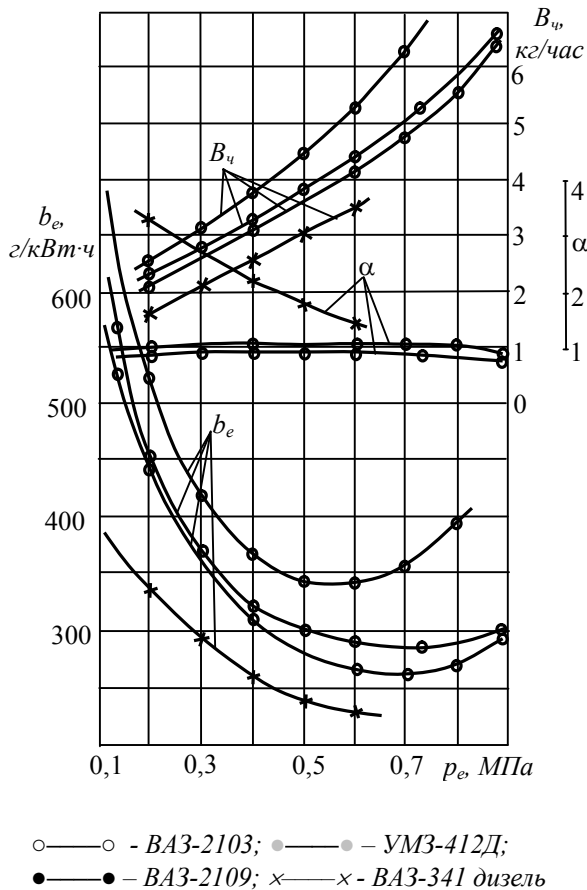
на 10...12% путевой расход топлива двигателем ВАЗ-2103 (2,3 кг/час – 3 л/час или 4,2 л / 100км). Такая существенная разница в часовых (и путевых) расходах топлива двигателями подобного класса связана с дефорсированным вариантом двигателя УМЗ-412Д (степень сжатия $\epsilon = 7,6$ против $\epsilon = 8,5$ у двигателя ВАЗ-2103).

Часовой расход топлива у двигателя ВАЗ-2109 с системой впрыскивания бензина и электронным регулированием состава смеси составляет 2,1...2,15 кг/час ($\approx 2,8 \text{ л/час}$) и путевой расход топлива на контрольном режиме 3,9 л/100км, что на 6...8% ниже, чем у ВАЗ-2103 и на 15 %, чем у двигателя УМЗ-412Д. Снижение расхода топлива на двигателе ВАЗ-2109 достигнуто за счет применения высокой степени сжатия $\epsilon = 9,5$ и работе на обедненном составе смеси. Данный двигатель на частичных нагрузках работает на экономичном составе смеси (кривая b_e у двигателя ВАЗ-2109 проходима ниже, чем у двигателя ВАЗ 2103) и только на режиме максимальной нагрузки смесь обогащается до мощностного состава.

Наилучшими показателями по часовому и путевому расходам топлива в данном сравнении, обладает дизельный двигатель ВАЗ-341. По отношению к лучшему бензиновому двигателю ВАЗ-2109 снижение часового расхода топлива дизелем составляет 20% по массе – 1,7 кг/час и 26 % по объему – 2,05 л/час ($\rho_{д.т.} = 0,83 \text{ кг/дм}^3$). При этом путевой расход топлива при скорости 60 км/час не превышает 3 л/100км. Необходимо добавить, что в городских условиях движения автомобиля с постоянными остановками и разгонами (режимы «стоп-старт») снижение расхода топлива автомобилем с дизельным двигателем может достигать 30...40% по отношению к автомобилям с бензиновыми двигателями.

На рис. 1 приведены кривые изменения коэффициента избытка воздуха α в зависимости от нагрузки. У дизельного двигателя на всех режимах работы, включая режим максимальной нагрузки, значение коэффициента избытка воздуха не ниже $\alpha = 1,4...1,5$, что соответствует, примерно, пределу дымления. Увеличение α (до 3...3,5) с уменьшением нагрузки, предопределяет эффективное сгорание топлива на режимах малых нагрузок и холостого хода, высокую топливную экономичность дизеля при эксплуатации в городских условиях.

Для бензиновых двигателей изменение кривых по α в зависимости от нагрузки имеет иной характер. На режимах малых нагрузок требуется обогащение смеси до $\alpha = 0,85...0,9$ для обеспечения стабильного воспламенения вследствие повышенного содержания остаточных газов в цилиндре двигателя. В этих же пределах обогащение смеси требуется и на режиме максимальной нагрузки. В средней части характери-



○ — ВАЗ-2103; ● — УМЗ-412Д;
 ● — ВАЗ-2109; × — ВАЗ-341 дизель
 Рис. 1. Нагрузочные характеристики двигателей легкового автомобиля $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$

стики значение коэффициента избытка воздуха находится в пределах $\alpha = 1$, как для карбюраторных двигателей, так и для ВАЗ-2109 с системой впрыскивания. Точность поддержания состава смеси по α для карбюраторных двигателей определяется совершенством конструкции карбюратора. В этой связи необходимо обратить внимание на раннее начало ($p_e = 0,6$ МПа) обогащения смеси в двигателе ВАЗ-2103, что обеспечивает плавное увеличение расхода топлива и выход на мощностной состав смеси при полном открытии дроссельной заслонки. Электронная система регулирования позволяет дольше выдерживать экономичный состав смеси (до $P_e = 0,8$ МПа) и обеспечить мощностной только при полном открытии дроссельной заслонки. (Изменение значений α для карбюраторных двигателей УМЗ-412 Д и ВАЗ-2103 аналогично, поэтому на рис.1 приведена одна кривая для ВАЗ-2103).

Для двигателей с впрыскиванием бензина вследствие повышенной точности регулирования возможно обеднение состава смеси до $\alpha = 1,05 \dots 1,08$. Однако при применении системы нейтрализации отработавших газов, для обеспечения ее эффективной работы, состав смеси поддерживается на всех режимах работы $\alpha = 1$ с точностью до 0,5%. В данном сравнении по α существенного преимущества по экономичности двигателя ВАЗ-2109 с системой впрыскивания над карбюраторными двигателями не прослеживается. Это связано с тем, что представленные данные получены при работе двигателей на установившихся режимах в условиях стендовых испытаний. Преимущество двигателей с системой впрыскивания сказывается в эксплуатации, где установившиеся режимы возможны только на загородных шоссе. В городских условиях эксплуатационный расход топлива определяют, в основном, переходные режимы – режимы разгона при переключении передач, состав смеси на которых, при использовании систем электронного регулирования поддерживается также в пределах $\alpha = 1$. В случае карбюраторных систем питания во избежание провалов в работе двигателя на этих режимах предусматривается обогащение смеси, что и повышает эксплуатационный расход топлива автомобилей с карбюраторными двигателями.

В приведенном сравнении нескольких типов двигателей явно выигрывает вариант силовой установки легкового автомобиля на базе дизеля. Однако многих владельцев автомобилей смущают сложность и дороговизна топливной аппаратуры, а также особенности зимней эксплуатации дизеля и с этим действительно можно согласиться.

Дальнейшее снижение эксплуатационного расхода топлива может быть достигнуто при использо-

вании разработок кафедры двигателей НТУ «ХПИ» по двухтактному двигателю с непосредственным впрыскиванием бензина в камеру сгорания. Рабочий процесс подобного двигателя доведен на одноцилиндровых двухтактных двигателях рабочим объемом 300 и 470 см³. На сегодня уже определилась концепция перспективного двигателя легкового автомобиля. Двигатель будет двухцилиндровым с рабочим объемом одного цилиндра 0,5 л, мощностью 36...40 кВт, что соответствует уровню мощности полуторалитрового четырехтактного четырехцилиндрового дизельного двигателя ВАЗ-341. В двигателе достигнуто эффективное сжигание обедненных топливоздушных смесей в зоне основных эксплуатационных режимов [1]. Использование подобного двигателя на легковых автомобилях особо малого класса позволит снизить путевой расход топлива при движении по загородному шоссе до 3...4 л / 100км.

Двухтактные двигатели ранее устанавливались на автомобилях (малолитражные автомобили «Трабант», «Вартбург», микроавтобус «Баркас»). Двигатель микроавтобуса «Баркас», например, был трехцилиндровым, ($iV_h = 1,5$ л), развивал мощность 50 кВт. При этом путевой расход топлива не превышал 7...8 л / 100км. Общим недостатком данных двигателей является применение карбюраторной системы питания, что предопределяет повышенный расход топлива, повышенные выбросы токсичных веществ с отработавшими газами. С ужесточением норм на выбросы токсичных веществ с отработавшими газами от выпуска подобных двигателей отказались. Данные двигатели имели также пониженный моторесурс вследствие недостаточно эффективной смазки трущихся деталей (смазочное масло добавлялось к топливу). В разрабатываемом двигателе эти недостатки устранены путем применения системы непосредственного впрыскивания, а надежность и долговечность работы подвижных соединений деталей кривошипно-шатунного механизма решена путем применения более совершенных подшипников и локальной подачи смазки к поверхностям трения [2].

Предполагается, что после завершения стендовых испытаний, эксплуатационной апробации разрабатываемый двигатель будет иметь высокие эколого-экономические показатели и найдет применение, прежде всего, на отечественных легковых автомобилях малого и особо малого классов.

Список литературы:

1. Патент № 2038493 (Россия) Двигатель внутреннего сгорания / Дьяченко В.Г., Мотлохов А.В. Оpubл. в Б.И. - 1989. - №18.
2. Патент № 53261А (Украина) Двухтактный двигатель внутреннего сгорания / Марченко А.П., Мотлохов А.В., Обозный С.В. Оpubл. в Б.И. - 2003. - №1.