

верстий, мм <sup>2</sup>		
Негерметичность запорного конуса распылителя	недопустима	XX
Ход якоря, мм	0,05±0,01	Н
Воздушный зазор, мм	0,13±0,02	Н
Эффективное проходное сечение щелевого фильтра, мм <sup>2</sup>	3,75±0,12	Н
Сечение сливного жиклера, мм <sup>2</sup>	0,67±0,04	Н
Угол конуса седла клапана, град.	119°±3°	Н
Диаметр шарика, мм	1,3±0,02	Н
Негерметичность запорного клапана	недопустимо	XX
Гидроплотность по торцам распылителя и корпуса ЭГФ, с	4±2	XX
Ход иглы, мм	0,23±0,02	Н
Гидроплотность по направляющей иглы, с*	5±2	XX
Усилие пружины якоря, Н/мм	2,52±0,13	Н

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЖЕКЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОДЕ НА ГАЗ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Скворцова М.А., Тихомиров А.Н.** (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева);

Сегодня при переводе автомобилей на газ редко встречаются монотопливные схемы. Чаще конвертируют серийные бензиновые двигатели, сохраняя все настройки в полной мере ориентированными на бензин, а газ используя с той эффективностью, какую в состоянии обеспечить примененная система газоподдачи. В течение многих лет в качестве оптимальной рассматривалась «характеристика идеального карбюратора», обеспечивающая обедненные экономичные смеси с плавным обогащением в зоне полных нагрузок. Сегодня главным критерием оптимальности выступает приспособленность системы топливоподдачи к обслуживанию трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов.

Известно, что бензин далеко не полностью испарен во впускной трубе. Часть его при подаче из форсунки оседает на стенках впускной системы в виде пленки. При движении воздуха на такте впуска часть пленки срывается в поток и уносится в цилиндр. На статических режимах наступает некое равновесие между топливом, ушедшим в пленку, и вышедшим из нее. В динамике (открытие или закрытие дросселя) баланс нарушается. По исследованиям [1] и собственным экспериментам, проведенным в лаборатории двигателей НГТУ, восстановление происходит после 20...30 циклов работы.

Естественно, в течение всех циклов с нарушенным балансом состав смеси, поступающей в цилиндр, переобедняется. В программе управления топливоподачей обязательно заложена компенсация пленки, выражающаяся в подаче дополнительного топлива на этот период.

Для нашего примера (рис.1), где время перехода – 30 циклов, линия перехода близка к экспоненте, базовая подача  $G_{тц\_впр}=10$  мг/цикл, это составит 100 мг бензина. Большая часть из этого ляжет на стенки и оторвется после завершения перехода, обогащая смесь там, где необходимость уже отпала. Принимая типичные условия – двигатель ВАЗ 21114, движение по городу со средней скоростью 30 км/ч, расход бензина 7 кг/100 км (или 2 кг/час), за минуту 10 набросов нагрузки,

подобных приведенным на рисунке – приходим к тому, что за час теряется 60 г бензина или на 3% снижается экономичность автомобиля в целом.

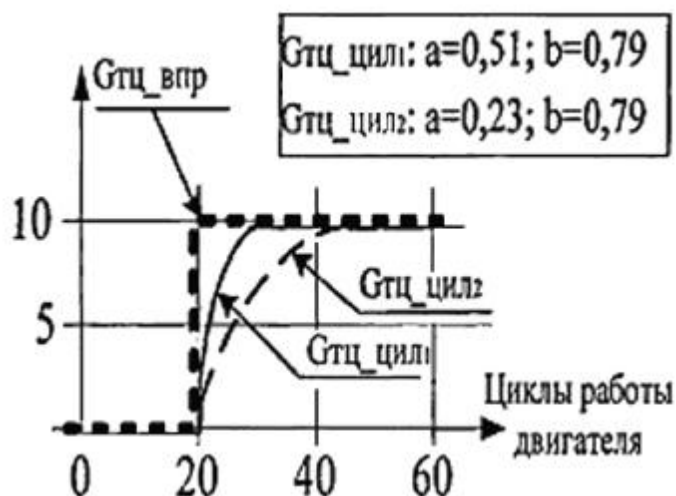


Рис.1. Протекание расчетных цикловых подач:

$G_{тц\_впр}$  – цикловая доза, впрыскиваемая форсункой;

$G_{тц\_цил}$  – цикловая доза, попавшая в цилиндр при наличии пленки.

$a$  – доля топливной пленки, сорвавшейся в поток;

$b$  – доля топлива, попавшего в пленку при подаче форсункой

Пройдя свой эволюционный путь от простейших эжекционных (первое поколение), газовые системы к четвертому поколению (с электромагнитными форсунками) прекратили демонстрировать преимущества газа, как топлива. Во-первых, чтобы не разрабатывать блоки газоподачи для каждой модификации двигателей, управление газовыми форсунками использует принцип копирования сигнала, сформированного для форсунок бензиновых. Сигнал копируется в текущем времени, при необходимости домножается на определенные коэффициенты и подается на газовые форсунки с усилением по току. Следовательно, здесь полностью копируются и те прибавки, что были рассчитаны на компенсацию бензиновой пленки. Ни о какой работе на непрогретом двигателе речь идти не может. Переход на газ осуществляется после прогрева до температуры охлаждения не менее 40°C.

Во-вторых, сами форсунки. Поскольку плотность бензина составляет 740 кг/м<sup>3</sup>, а газов: нефтяного сжиженного при давлении в 3 бара – 7 кг/м<sup>3</sup>; природного сжатого при давлении 5 бар – 3,5 кг/м<sup>3</sup>, что соответственно в 100 и 200 раз меньше, то необходимо в соответствующее количество раз или увеличивать проходное сечение форсунки и ее рабочий ход или изменять давление на входе. Увеличение размеров и массы системы связаны с долговечностью форсунки и уровнем излучаемого шума. Повышение перепада давлений однозначно ведет к уменьшению возможного пробега. Геометрически разместить комплект газовых форсунок на двигателе сложно, и это вынуждает конструкторов прибегать к половинчатым решениям.

Эжекционный газовый смеситель всегда отличался, прежде всего, простотой конструкции. При правильной организации потоков центральный смеситель обеспечивает высокое качество газоздушной смеси, что не всегда гарантируется при распределенном вводе газа во впускную трубу (системы третьего и четвертого поколения). Центральный смеситель, кроме того, допускает пуск и прогрев двигателя на газе даже при отрицательных температурах окружающего воздуха, причем, не требуя обогащения смеси, как бензин. Наглядный пример – испытания на токсичность по правилам ЕЭК ООН – где один ездовой цикл «проезжают» дважды. Первый раз при исходной температуре +20°C (тест тип 1), второй при -7°C (тест тип 6). Нормы на выбросы окиси углерода для бензинового автомобиля повышаются с 2,3 г/км в первом случае до 15 г/км во втором, а несгоревших углеводородов с 0,2 до

1,8 г/км. Автомобили, работающие на газе, скромно освобождаются от теста типа б. Можно только предположить, что прирост был бы в пределах 20%.

Приведенный выше расчет потерь бензина для компенсации пленки велся для двигателя, прогретого до температуры охлаждения 100°C. При снижении температуры до 20°C степень временного обогащения должна быть увеличена уже втрое. При более низких температурах прирост лавинообразный.

Среди недостатков газовых смесителей обычно выделяется большой объем готовой газозоудной смеси, заполняющей впускную трубу двигателя. При случайном воспламенении такого количества смеси возникает ударная волна, разрушающая элементы впускного тракта (термоанемометр, воздушный фильтр, патрубки). Действительно, если такая вспышка произойдет, то последствия могут быть плачевны. Однако воспламенения такого рода происходят только от переобогащения смеси, т.е. неправильного проектирования самого смесителя. Происходит это чаще при динамическом набросе нагрузки или разгоне двигателя на холостом ходу.

Для примера был проведен эксперимент на том же двигателе ВАЗ 21114 с системой впрыска бензина и центральным газовым смесителем.

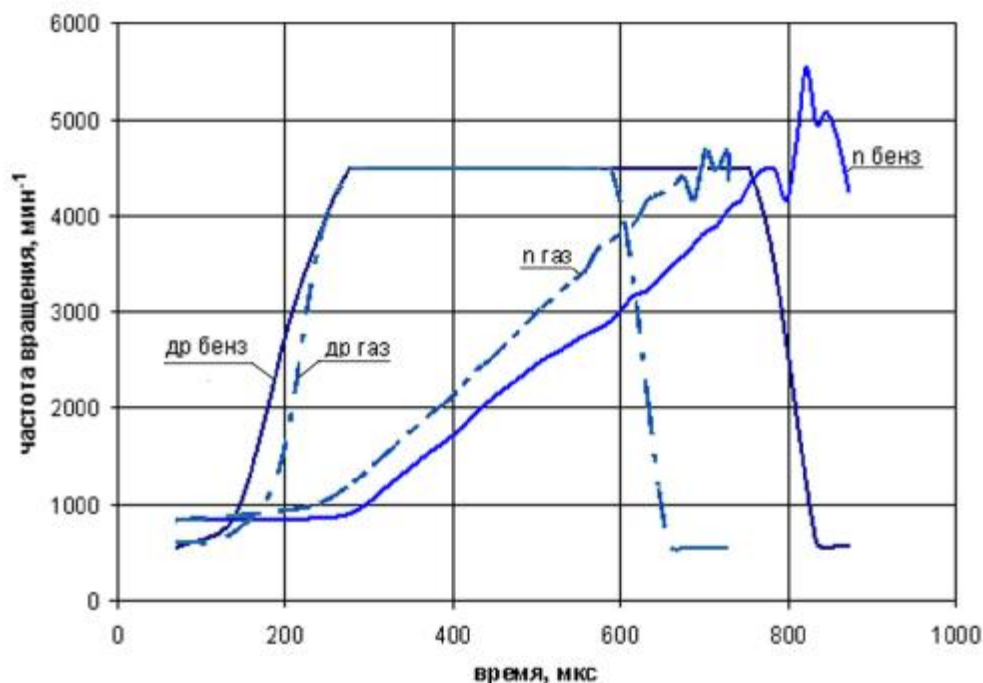


Рис.2. Процесс разгона двигателя ВАЗ 21114 при резком открытии дросселя на бензине (блок Январь 7.2) и сжиженном газе со смесителем.

Прогретый двигатель из режима самостоятельного холостого хода резким открытием дросселя разгонялся до частоты примерно 4000 мин⁻¹, параметры двигателя фиксировались пишущим осциллографом, который был подключен к датчику положения коленвала, датчику положения дросселя и датчику кислорода. Система газоподдачи не имела электронных корректоров, и была настроена по оптимумам «характеристики идеального карбюратора». Состав смеси на полных нагрузках – богатый, на частичных – бедный, на режиме холостого хода – максимально близкий к стехиометрии.

На рис. 2 представлены записи изменения частоты вращения и положения дросселя. Последний в обоих случаях открывался примерно за 0,2 сек. От момента его отрыва до начала отрыва линии частот на газе проходит примерно на 0,1 сек меньше, а первые 0,2 сек частота вращения на бензине совсем не изменяется. Ско-

рость изменения частоты вращения (установившаяся) на бензине – 6,9, а на газе – 8,3 мин<sup>-1</sup>/мкс.

Нельзя утверждать, что результат применения современных подходов к управлению дискретными системами однозначно хуже. В силу пульсирующей картины движения воздуха по впускной трубе и геометрической отдаленности датчика массового расхода воздуха от впускного клапана (как правило, объем впускной системы в 2...3 раза больше рабочего объема двигателя) блоку управления форсунками приходится вести расчет подачи топлива косвенно. По тем же причинам при центральном смесителе первые несколько циклов в цилиндры продолжает поступать готовая газоздушная смесь, находящаяся в ресивере и впускной трубе. Далее при правильной организации базовой характеристики смесителя не образуется обедненных циклов, что ведет к однозначному и энергичному разгону.

А если принять во внимание все преимущества газового топлива, то экологический и экономический выигрыш обязательно окажется на его стороне. Усилия в развитии забытых систем следует направить на достижение большей точности статического регулирования смеси. Здесь целесообразно применять те же современные алгоритмы нечетких множеств и нейронных сетей, что постепенно внедряются в управление бензиновой топливоподачей.

#### **Литература:**

1. Совершенствование управления бензинового двигателя с использованием искусственных нейронных сетей / Смирнов А.Б. // дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, М.: 2006. 146 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ПОДАЧИ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА КОНСТРУКЦИИ МАДИ ДЛЯ ПОДАЧИ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ**

**Шатров М.Г., Мальчук В.И., Дунин А.Ю., Езжев А.А.** (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет)

На сегодняшний день одним из способов улучшения экологических показателей дизелей и сокращения потребления ими нефтяного топлива стало применение кислородосодержащих топлив. Наибольшее внимание в этом направлении уделяется спиртам (метанолу и этанолу) и топливам на основе масел растительного происхождения.

Спирты и масла получают из биомассы, что позволяет их отнести к возобновляемым источникам энергии.

Сгорание альтернативных топлив, молекулы которых содержат кислород, характеризуется высокой полнотой сгорания и низким содержанием сажи в отработавших газах (ОГ).

С другой стороны, наличие кислорода снижает теплоту сгорания. Соответственно, при прочих равных условиях, в цилиндр необходимо подавать бóльшую, по сравнению с дизельным топливом, цикловую подачу растительного масла. Это приводит к увеличению времени впрыскивания.

Достоинство масел растительного происхождения заключается в сопоставимом с дизельным топливом цетановом числе (ЦЧ). Тогда как метанол и этанол обладают низкой величиной ЦЧ и более чем в 4 раза высокой теплотой парообразования по сравнению с дизельным топливом, что приводит к большой продолжительности задержки воспламенения, а также к затруднению пуска дизеля.