

$$T_{\text{КР}} = 5,748 + 0,067K_4, \quad (10)$$

где K_1 , K_2 , K_3 и K_4 — показатели, характеризующие конструктивную сложность системы и учитывающие влияние соответствующих факторов на трудоемкость выполнения технических обслуживаний, текущего и капитального ремонтов.

Статистические характеристики полученных моделей (7)–(10) приведены в табл. 2.

Статистические характеристики указывают на высокую степень адекватности указанных зависимостей от комплексного конструктивного параметра K .

Таким образом, полученные корреляционные зависимости (как многофакторные модели, так и модели с учетом комплексного конструктивного показателя K) обеспечивают достаточную для практики точность прогнозирования трудоемкости ТО, ТР и КР систем электрооборудования перспективных моделей автомобилей.

УДК 629.113.004

**М.М.БОЛБАС, Е.Л.САВИЧ,
В.В.ШЛОВЕЦ, И.В.ЯРОШОНОК**

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ЗИЛ-138А ОТ ЕГО РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Одним из путей решения энергетической и экологической проблем на автомобильном транспорте является широкое применение дешевого заменителя жидкого топлива нефтяного происхождения — углеводородного газа, в первую очередь сжатого природного (СПГ).

В настоящее время пополнение парка газобалонных автомобилей (ГБА) происходит как за счет выпуска новых, так и переоборудования уже эксплуатируемых автомобилей. При этом переоборудовании автомобилей для питания СПГ регулировочные параметры основных систем двигателя не меняются, что приводит к недоиспользованию энергетических возможностей природных газов.

Вместе с тем, как показал опыт эксплуатации ГБА, неисправности основных систем двигателей, работающих на газе, приводят к значительному ухудшению топливно-энергетических показателей и повышенному выбросу токсичных веществ. До настоящего времени методы диагностирования газобалонных автомобилей разработаны еще недостаточно.

С целью изучения влияния отклонений основных регулировочных параметров двигателей ГБА на энергетические, экономические и экологические показатели авторами проведены лабораторно-стендовые испытания двигателя ЗИЛ-138А при работе его на СПГ. В состав экспериментальной установки входит двигатель ЗИЛ-138А, работающий как на газе, так и на бензине, установленный на обкаточно-тормозном стенде, мод. КИ-2139Б. Установка оснащена

необходимым оборудованием и приборами, в том числе и газоанализаторами Элкон-S 305, ГЛ-1121, 344ХЛ, предназначенными соответственно для измерения содержания окиси углерода (СО), углеводородов ($C_m H_n$), эталонированных по гексану ($C_6 H_{14}$), и окислов азота (NO_x) в отработавших газах (ОГ) автомобилей. Питание двигателя газом осуществляется от контейнера с 16 баллонами.

Для измерения расхода СПГ используется метод, основанный на определении расхода газа из сосуда известного объема. Уравнение состояния для реального газа, находящегося в ограниченном объеме,

$$pV = zmRT, \quad (1)$$

где p – давление газа в баллоне, Па; V – объем мерного баллона, m^3 ; z – коэффициент сжимаемости газа; m – масса газа, находящегося в баллоне, кг; R – газовая постоянная данного газа, Дж/(кг·К); T – температура газа в баллоне, К.

Из уравнения (1) масса газа $m = pV/(zRT)$.

Тогда расход газа за время проведения опыта

$$\Delta m = V \left(\frac{p_H}{z_H RT_H} - \frac{p_K}{z_K RT_K} \right),$$

где индексы "Н" и "К" соответствуют параметрам p , z , T в начале и конце опыта.

Поскольку плотность газа $\rho = p/(zRT)$, можно записать окончательно, что $\Delta m = V(\rho_H - \rho_K)$.

При измерении расхода газа фиксировались давление и температура его в баллоне как в начале, так и в конце опыта. Температура газа определялась с помощью термопары ТХК, введенной в мерный баллон.

Были исследованы пять режимов, характеризующих диапазон работы двигателей ЗИЛ-138А. Два режима соответствуют ГОСТ 17.2.2.03–87: минимальная частота вращения коленчатого вала холостого хода (принята 600 мин^{-1}) характеризует состояние системы холостого хода, повышенная частота – общее состояние основной газоподающей системы. Три нагрузочных режима соответствуют частоте вращения коленчатого вала 2000 мин^{-1} и различной степени загрузки двигателя: один из режимов – полному открытию дроссельной заслонки, два других – положению, обеспечивающему разрежение во впускном трубопроводе 40 и 20 кПа. Разрежение 40 кПа характеризует работу двигателя при средних нагрузках, 20 кПа – на режимах, соответствующих максимальному обеднению смеси.

Исследовалось влияние угла опережения зажигания, зазора между контактами прерывателя-распределителя, зазора между электродами свечей зажигания, зазора в механизме газораспределения при работе двигателя на газовом топливе и бензине, а также различных неисправностей газовой топливной аппаратуры на экономические и экологические показатели работы двигателя. Исследования показали, что увеличение зазора в прерывателе-распределителе более рекомендуемого заводом-изготовителем (0,3...0,4 мм) приводит к росту выброса $C_m H_n$ в 4...6 раз. С уменьшением зазора до 0,1...0,2 мм также повышается выброс $C_m H_n$ вследствие уменьшения генерируемого напряжения катушки зажигания и энергии электрической искры. Мощностные и экономи-

ческие показатели работы двигателя при отклонениях зазоров между контактами от рекомендуемых также ухудшаются, а содержание СО в ОГ изменяется незначительно. Аналогичные результаты получены и при работе двигателя на бензине.

Зазор между электродами свечей зажигания, рекомендуемый заводом-изготовителем, — 0,9...1,1 мм — соответствует оптимальным показателям мощности, удельного расхода топлива и минимальным выбросам $C_m H_n$ как при работе двигателя на бензине, так и на газовом топливе. Увеличение и уменьшение зазора между электродами свечей зажигания приводит к снижению мощности двигателя, ухудшению топливной экономичности и повышенным выбросам $C_m H_n$. При увеличении зазора до 1,4 мм выбросы углеводородов возрастают в 6...8 раз и достигают 500 млн^{-1} при полном открытии дроссельной заслонки. Выбросы СО несколько снижаются вследствие разбавления отработавших газов непрореагировавшим топливом. При работе двигателя на бензине отклонение зазоров в свечах зажигания от оптимальных вызывает более высокие выбросы $C_m H_n$, чем при работе на газе.

Увеличение теплового зазора в клапанном механизме до 0,35...0,40 мм при работе на газе обуславливает некоторое улучшение мощностных и экономических показателей двигателя, что связано с уменьшением угла перекрытия клапанов и уменьшением при этом поступления газообразного топлива в выпускную систему. Уменьшение же зазора до нулевого значения на прогретом двигателе вызывает значительное ухудшение энергетических и экономических его показателей. При этом выбросы $C_m H_n$ возрастают в 4...5 раз, что является следствием снижения плотности посадки выпускных клапанов, приводящего к прорыву газов в выпускную систему на такте расширения. Концентрация СО в отработавших газах снижается до 1,5 % (режим полных нагрузок). При работе двигателя на бензине оптимальным по мощностным и экономическим показателям работы является зазор 0,25...0,30 мм. Отклонения зазора от рекомендуемого, как и при работе двигателя на газе, приводят к изменению содержания токсичных компонентов в ОГ.

Влияние угла опережения зажигания на показатели двигателя показано на рис. 1. При работе двигателя на бензине оптимальным на режиме полных нагрузок ($n = 2000 \text{ мин}^{-1}$) является угол, близкий к 37° , что соответствует установочному углу опережения зажигания 9° . При работе двигателя на газе этот оптимум смещается в сторону более раннего зажигания к 43° , что соответствует установочному углу опережения зажигания 15° . При этом выбросы $C_m H_n$ несколько возрастают, достигая при угле 49° величины 200 млн^{-1} (полное открытие дросселя). Концентрация окислов азота в ОГ по мере увеличения угла опережения зажигания от 28° до 49° возрастает в 1,5 раза, что является следствием повышения максимальной температуры цикла. Концентрация СО изменяется незначительно.

Из рис. 2 видно, что максимум мощности двигателя соответствует давлению во второй ступени редуктора низкого давления (РНД) 50...100 Па. Здесь же находится и минимум удельного расхода топлива. Концентрация СО возрастает по мере роста давления p_2 . Выбросы $C_m H_n$ изменяются незначительно. При этом максимальное содержание NO_x соответствует более низкому давлению, так как при этом двигатель работает на обедненных смесях, в которых при высоких температурах сгорания достаточно много свободного кислорода.

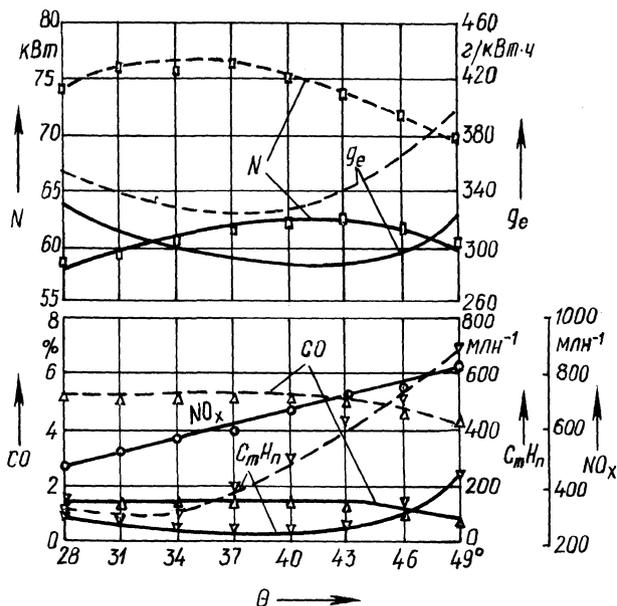


Рис. 1. Влияние угла опережения зажигания на показатели работы двигателя ЗИЛ-138А при его работе на СПГ (—) и бензине А-76 (---) на режиме полного открытия дросселя ($n = 2000 \text{ мин}^{-1}$).

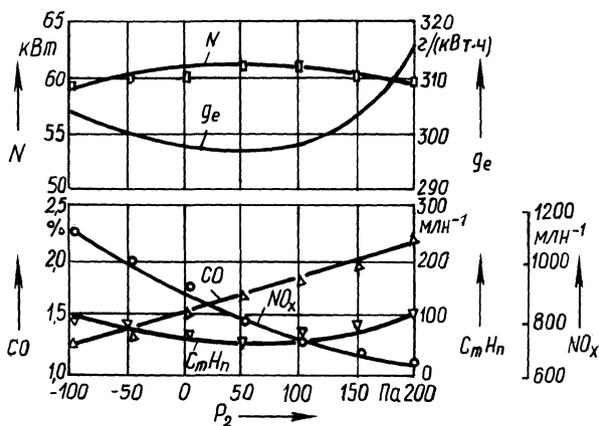


Рис. 2. Влияние регулировки второй ступени РВД на показатели работы двигателя ЗИЛ-138А на режиме полного открытия дросселя ($n = 2000 \text{ мин}^{-1}$).

Таким образом, зазоры в свечах зажигания и прерывателе-распределителе при работе двигателя как на бензине, так и на газовом топливе соответствуют рекомендуемым заводом-изготовителем. При работе двигателя на газе оптимальными следует считать зазор в клапанном механизме 0,35... 0,40 мм (на бензине — 0,25...0,30 мм), установочный угол опережения зажигания 15° (на бензине — 9°).