

УДК 621.43.016

В.С. МОРОЗОВА, В.С. ГУН, В.Л. ПОЛЯЦКО*Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОТОКА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВС

Экспериментальные исследования влияния магнитных полей на рабочий процесс двигателя внутреннего сгорания показали улучшение топливной экономичности и снижение содержания токсичных компонентов в отработавших газах. Рассмотрены перспективы дальнейшего снижения токсичных компонентов и улучшения экономических показателей путем интенсификации работы двигателя внутреннего сгорания магнитным полем. В статье приводятся результаты ходовых испытаний автомобиля ВАЗ-21213 «Нива» в условиях городского цикла движения. Оборудованный магнитными устройствами автомобиль показал снижение токсичных компонентов отработавших газов при одновременном улучшении топливной экономичности.

Ключевые слова: поршневые двигатели внутреннего сгорания, отработавшие газы, токсичные компоненты отработавших газов, полнота сгорания, экологичность автомобилей, внешнее смесеобразование, магнитное поле.

Введение

В различных сферах человеческой деятельности широко используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые в настоящее время все еще являются одними из основных источников загрязнения окружающей природной среды токсичными компонентами отработавших газов.

Несмотря на более чем 100-летнюю историю своего существования, пока не удастся получить экологически чистый ДВС.

Обзор литературы и постановка задачи

Начиная с 80-х годов прошлого столетия ученые России, США, Франции, Германии, Японии разрабатывают мероприятия по интенсификации рабочих процессов энергетических установок и ДВС обработкой топлива или воздуха электрическим, магнитным или электромагнитным полем.

В основе предлагаемых способов лежит такое явление физики, как внутреннее изменение поляризации электронных орбит вещества, помещенного во внешнее магнитное или электрическое поле. То есть, при воздействии внешнего магнитного поля на помещенное в него вещество происходит переориентация электронных орбит или векторов орбитальных магнитных моментов. Кроме того, такое явление может способствовать дроблению вещества на более мелкие частицы на молекулярном или атомарном уровне.

В настоящее время известно более трехсот изобретений по повышению экономических и экологических показателей ДВС обработкой топлива и воздуха магнитным и электрическим полем, что доказывает целесообразность работ по данному направлению интенсификации рабочего процесса с разработкой наиболее простых методов такой обработки и её конструктивного воплощения.

На экологические показатели бензиновых двигателей существенное влияние оказывает состав горючей смеси, оцениваемый коэффициентом избытка воздуха (λ), и физические параметры горючей смеси.

Если разделить процесс образования горючей смеси на две стадии, то первая (основная) связана с дозированием топлива, а именно с установлением количественного соотношения «воздух-топливо», вторая стадия – это получение однородной (гомогенной) смеси [1]. На процесс гомогенизации в бензиновых двигателях влияет множество факторов от принципа действия приборов топливоподачи и режимов работы двигателя до физических свойств топлива. Важнейшим фактором, влияющим на полноту испарения топлива и равномерного его распределения по всему объему камеры сгорания, является процесс дозирования топлива. Непосредственным наблюдением или измерением степень гомогенизации определить трудно, но возможно применить косвенную оценку в виде экологических показателей и регулировочной характеристики. Причем, ряд исследований Г.П. Покровского показывает, что процесс смесеобразования может протекать более полно, чем эталонный [1].

В двигателях с электронным управлением процессом топливоподачи дозирование топлива является регулируемой величиной. В карбюраторных двигателях воздействовать на количество подаваемого топлива можно только косвенно, изменяя положение дроссельной заслонки педалью акселератора. В этот момент протекающий поток воздуха захватывает определенное количество испарившегося топлива, причем, чем лучше испарилось топливо, тем однороднее становится топливоздушная смесь, как следствие, улучшается процесс сгорания. Полнота испарения топлива напрямую зависит от скорости его испаряемости.

Известно, что в двигателях с принудительным воспламенением для снижения концентрации CO, CH, а главное - NO_x необходимо улучшить мелкость распыливания топлива и его испаряемость для обеспечения однородной смеси надлежащего состава на всех режимах, включая неустановившиеся и принудительный холостой ход [3]. Для решения этой сложной технической задачи авторами предлагается усовершенствовать процесс смесеобразования.

Экспериментальная часть

Авторами был запатентован [4] способ интенсификации работы двигателя внутреннего сгорания путем обработки топлива и воздуха одновременно разноименными полюсами постоянного магнитного поля и проведено несколько серий экспериментов на двигателях с внешним смесеобразованием с карбю-

ратором и впрыскиванием бензина во впускной трубопровод, а также на дизеле. Была разработана методика проведения экспериментов, в результате чего постоянные магниты устанавливались на немаetalлических частях снаружи топливного и воздушного трубопроводов одним полюсом к линии низкого давления топливоподачи, а другим полюсом к подаче воздуха в камеру смесеобразования и сгорания.

На начальной стадии экспериментов магниты напряженностью 0,08-0,120 Тл устанавливались на немаetalлические элементы топливозаборника топливного бака автомобиля ВАЗ 21213 «Нива», 1996 года выпуска, полюсом «S» к топливу и такие же магниты - на канал воздухозаборника воздушного фильтра полюсом «N» к воздуху. Силовые линии магнитного поля пронизывали топливо и воздух в перпендикулярной плоскости относительно направления течения вещества.

Замеры токсичности ОГ проводились пятикомпонентным газоанализатором «АВТОТЕСТ 02.03П» первого класса точности, российского производства, на режимах холостого хода, минимальной и повышенной частоты коленчатого вала двигателя (700, 3000 мин⁻¹ соответственно). Замеры токсичности проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52033–2003. Полученные результаты представлены в табл. 1, где видно, что происходит одновременное снижение концентрации всех токсичных компонентов ОГ (NO_x, CO и CH_x) а также увеличение коэффициента избытка воздуха λ с приближением его значения к стехиометрическому.

Таблица 1

Значение выходных компонентов ОГ двигателя с карбюраторным смесеобразованием

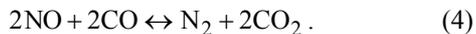
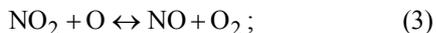
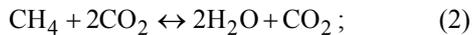
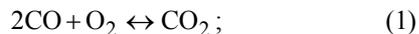
Название компонента ОГ	Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Серийная система	Система с магнитами	Процентное изменение компонентов
CO, %	700	4,88	2,16	-55,74
	3000	6,72	5,60	-16,70
CH, ppm	700	1354	447	-66,99
	3000	550	439	-20,18
NO _x , ppm	700	111	62	-44,14
	3000	205	181	-11,70
CO ₂ , %	700	12,70	14,20	+11,81
	3000	12,00	12,90	+7,50
Коэффициент избытка воздуха (λ)	700	0,889	0,982	+9,30
	3000	0,850	0,878	+2,80

В процессе проведения исследований было также установлено, что при одновременном воздействии магнитным полем противоположных полюсов

на топливо и воздух происходит некоторое повышение в отработавших газах двуокиси углерода CO₂, паров воды H₂O (часто забивается водой трубопро-

вод, подводящий ОГ к замеряющему устройству) и снижение кислорода O_2 .

Можно предположить, что ход реакций может идти в таком направлении:



По данным, приведенным в исследованиях других авторов, основными компонентами продуктов сгорания являются следующие нетоксичные и токсичные продукты: CO_2 , H_2O , H_2 , O_2 , N_2 , N , H , O , O_3 , OH , NO , NO_2 [4].

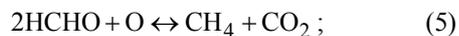
Наиболее массовыми компонентами из них являются азот (N , N_2), диоксид углерода (CO_2), пары воды (H_2O) и избыточный кислород (O , O_2 , O_3), составляющие по суммарному объему в ОГ до 90–95%, в то время как на токсичные компоненты приходится 0,2–2% объема. Около 80–95% от общей массы токсичных компонентов приходится на долю NO_x , CO , CH_x , альдегидов $RCHO$ и диоксида серы [2]. По данным этого же источника у бензиновых двигателей объемное содержание NO может достигать до 99% от всего объема NO_x , при этом монооксид азота является нестабильным компонентом и окисляется до NO_2 в течение от 0,5 до 100 часов.

Монооксид углерода CO в бензиновых двигателях, работающих на режимах с низкими коэффициентами избытка воздуха (на режимах холостого хода при $\lambda < 1$) достигает концентрации в ОГ 6–12%, что составляет значительную величину [2].

Метан CH_4 относится к группе легких газообразных углеводородов и на его долю в бензиновых двигателях приходится 14–58% от общего содержания в ОГ несгоревших углеводородов, а при значительном содержании легких несгоревших углеводородов отработавшие газы имеют белый цвет, также как и при содержании большого количества водяных паров.

Кроме того, имеющиеся в ОГ ДВС альдегиды являются продуктами неполного сгорания, преобладают в форме формальдегида $HCHO$, ацетальдегида CH_3CHO и акролеина $CH_2=CHCHO$ и вызывают резкий неприятный запах отработавших газов.

При одновременном воздействии на компоненты рабочего тела разноименных полюсов магнитного поля органолептическим методом было установлено, что исчезает резкий запах ОГ, серый дым меняется на белый или бесцветный и окисление альдегидов можно представить в виде:



Получающийся метан затем вероятно окисляется дальше по реакции (2).

Проведенные исследования показали, что в результате снижается одновременно содержание токсичных компонентов CO , CH , NO_x .

Одновременное воздействие разноименными полюсами магнитного поля на топливо и воздух, вероятно, увеличивает полноту сгорания топлива за счет повышения интенсивности испарения жидкости и более полной качественной гомогенизации паров топлива с противоположно заряженными частицами воздуха, что в свою очередь приводит к увеличению количества активных центров воспламенения и более качественным процессам смесеобразования и сгорания топлива, а также к повышению экологической и экономической эффективности.

Так как плотности топлива и воздуха значительно различаются, то было проведено исследование по влиянию величины магнитных потоков, действующих на топливо $\Phi_{топл}$ и воздух $\Phi_{возд}$ и их соотношений, определяемых коэффициентом $K = \Phi_{возд} / \Phi_{топл}$, на изменение (Δ , %) величин токсичных компонентов CO , CH и NO_x , а также CO_2 , O_2 , λ исследуемых режимов по сравнению с серийной системой без магнитного поля, что представлено в табл. 2–4.

В табл. 2 приведены данные четырех опытов при воздействии на воздух магнитным потоком $\Phi_{возд}$ от $3,3 \cdot 10^{-4}$ до $13,2 \cdot 10^{-4}$ Вб, а на топливо $\Phi_{топл}$ в пределах от $1,15 \cdot 10^{-4}$ до $4,62 \cdot 10^{-4}$ Вб, но при их одинаковом соотношении $K = 2,85$ – $2,86$.

Из полученных данных видно, что уменьшение (Δ , % со знаком «минус») токсичных компонентов CO , CH , NO_x произошло при всех значениях магнитных потоков, а величина этих изменений тем больше, чем выше величина магнитного потока (данные опыта №4 по сравнению с данными опыта №1).

Увеличение значений CO_2 (Δ , % со знаком «плюс») и уменьшение содержания O_2 (Δ , % со знаком «минус») на большинстве исследуемых режимах согласуются с приведенными выше уравнениями реакции, а повышение коэффициента избытка воздуха λ может свидетельствовать о более качественных процессах смесеобразования и сгорания. В табл. 3 показаны данные семи опытов (№ эксп) с различными величинами магнитных потоков. Так, на топливо воздействовали $\Phi_{топл}$ в пределах от $0,12 \cdot 10^{-4}$ до $4,6 \cdot 10^{-4}$ Вб, а на воздух $\Phi_{возд}$ в пределах от $3,3 \cdot 10^{-4}$ до $16,5 \cdot 10^{-4}$ Вб, в соотношениях $K = 1$ – 31 .

Таблица 2

Изменение показателей токсичности (Δ , %) при различных величинах магнитных потоков и одинаковом их соотношении К

Параметры	Изменение показателей токсичности (Δ , %)							
	1		2		3		4	
№ опыта								
$n, \text{мин}^{-1}$	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000
СО	-6,6	-2,8	-8,6	-16,3	-41,3	-18,7	-42,1	-21,8
СН	-20,8	-2,2	-61,5	-16,4	-1,8	-17,2	-49,8	-14,9
NO _x	-16,7	-9,2	-18,5	-24,2	-35,4	-13,2	-16,7	-18,8
CO ₂	+6,9	+2,2	+4,6	-2,2	+2,9	+6,2	+3,8	-1,5
O ₂	-16,8	-11,6	-64,5	-23,3	+47,5	-12,8	-39,2	-11,6
λ	-0,5	+0,2	-3,3	+1,1	+5,1	+3	+9,5	+2,0
$\Phi_{\text{возд}} \cdot 10^{-4}, \text{Вб}$	3,3		4,2		6,6		13,2	
$\Phi_{\text{топл}} \cdot 10^{-4}, \text{Вб}$	1,2		1,5		2,3		4,6	
$K = \Phi_{\text{возд}} / \Phi_{\text{топл}}$	2,9		2,9		2,9		2,9	

Таблица 3

Изменение показателей токсичности (Δ , %) при различных величинах магнитных потоков и коэффициента К

№ эксп параметр	1		2		3		4		5		6		7	
	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000
$n, \text{мин}^{-1}$	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000
СО	-51,7	-24,2	-47,8	-24,6	-66,5	-22	-58	-24,6	-21,8	-19,2	-19,6	-1,3	-16,6	-0,2
СН	-6	-1,5	-12,2	-21,5	-51,4	-17,5	-13,3	-21,5	-34,5	-43,9	-46,2	-10,2	-21,9	-12
NO _x	-24	-12,4	-40	-14,9	-25,9	-16,7	-37,5	-14,9	-18,7	-11,5	-27,8	-15,1	-1,25	-9,9
CO ₂	-0,76	0	+3	+3,8	+4,6	-2,9	+1,5	+3,8	-6,6	-5,4	+7,6	+2,2	0	+0,8
O ₂	+0,9	-11,6	+25	-6,25	-33,2	-16,2	+51,7	-6,25	+20	-7,7	-43,9	-11,6	-9,4	-9,4
λ	+3,5	+2,4	+5,2	+2,9	+2,7	-1,9	+5,6	+2,9	+2,9	+2,3	-3,2	+0,1	+3,6	+0,1
$F_{\text{возд}} \cdot 10^{-4} \text{Вб}$	3,3		5,0		16,5		5,0		7,4		9,9		3,7	
$F_{\text{топл}} \cdot 10^{-4} \text{Вб}$	3,4		2,4		4,6		1,1		1,6		1,2		0,1	
$K = F_{\text{возд}} / F_{\text{топл}}$	0,9		2,1		3,6		4,6		4,7		8,6		31,5	

Из представленных данных видно, что при всех исследуемых значениях магнитных потоков получено снижение ($\Delta\%$) всех токсичных компонентов, хотя на процент снижения больше влияет величина магнитных потоков $\Phi_{\text{возд}}$ и $\Phi_{\text{топл}}$, а не их соотношение К. Даже при одинаковых значениях $\Phi_{\text{возд}}$ и $\Phi_{\text{топл}}$ (опыт Ноп – 1) на всех режимах получено уменьшение СО, СН и NO_x.

Сочетание магнитных потоков $F_{\text{возд}}$ и $F_{\text{топл}}$, при которых получено минимальное и максимальное снижение каждого токсичного компонента, а

также наилучшее сочетание их уменьшения одновременно для СО, СН и NO_x режимов холостого хода минимальной $n=700 \text{ мин}^{-1}$ и максимальной $n=3000 \text{ мин}^{-1}$ частоты вращения коленчатого вала двигателя представлены в табл. 4, что для каждого токсичного компонента минимальное и максимальное уменьшение соответствует своему сочетанию значений $F_{\text{возд}}$ и $F_{\text{топл}}$, а более оптимальные снижения всех трёх компонентов, соответствует наибольшим магнитным потокам $F_{\text{топл}} = 4,62 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ и $F_{\text{возд}} = 16,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.

Таблица 4

Минимальное и максимальное изменение (Δ , %) показателей токсичности с магнитной обработкой топлива и воздуха по сравнению с показателями без обработки магнитным полем

	Изменение показателей токсичности													
	для CO				для CH				для NO _x				для CO, CH, NO _x лучшие	
	min		max		min		max		min		max			
n, min ⁻¹	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000
CO	-6,6	-2,8	-58	-24,6	-51,7	-24,2	-21,8	-19,2	-16,6	-0,2	-47,8	-24,6	-66,5	-22
CH	-20,8	-2,2	-13,3	-21,5	-6	-1,5	-34,9	-43,9	-21,9	-12	-12,2	-21,5	-51,4	-17,5
NO _x	-16,7	-9,2	-37,5	-14,9	-24	-12,4	-18,7	-11,5	-1,3	-9,9	-40	-14,9	-25,9	-16,7
CO ₂	6,8	2,2	1,5	3,8	-0,76	0	-6,6	-5,4	0	0,8	3	3,8	4,6	-2,9
O ₂	-16,8	-11,6	51,7	-6,25	0,9	-11,6	20	-7,7	-9,4	-9,4	25	-6,25	-33,2	-16,2
λ	-0,5	0,22	5,6	2,9	3,5	2,4	2,9	2,3	3,6	0,1	5,2	2,9	2,7	-1,9
$\Phi_{\text{топл}} \text{ Вб } 10^{-4}$	1,2		1,1		3,5		1,6		0,1		2,4		4,6	
$\Phi_{\text{возд}} \text{ Вб } 10^{-4}$	3,3		5		3,3		7,4		3,7		5		16,5	

Из представленных данных видно, что на всех исследуемых режимах с обработкой магнитным полем топлива и воздуха получено снижение в отработавших газах токсичных компонентов CO, CH и NO_x и кислорода O₂ (отрицательные значения $\Delta\%$), а также некоторое повышение диоксида углерода CO₂ (положительные значения Δ).

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– одновременным воздействием разноименных полюсов постоянного магнитного поля на топливо и воздух бензинового двигателя можно одновременно снизить содержание трёх токсичных компонентов CO, CH и NO_x в отработавших газах двигателя;

– снижение токсичных компонентов при этом можно достигнуть воздействуя даже слабыми магнитными потоками на топливо от $0,12 \cdot 10^{-4}$ Вб до $4,6 \cdot 10^{-4}$ Вб; на воздух – от $3,3 \cdot 10^{-4}$ Вб до $16,5 \cdot 10^{-4}$ Вб;

– происходит одновременное снижение токсичных компонентов CO, CH и NO_x получено на бензиновых двигателях с карбюраторами;

– устройства для магнитной обработки с использованием постоянного магнитного поля просты в конструктивном исполнении, а следовательно могут иметь малую стоимость.

Литература

1. Покровский, Г.П. Электронное управление автомобильными двигателями [Текст]: учеб. для вузов / Г.П. Покровский, Е.А. Белов, С.Г. Драгомиров. – М.: Машиностроение, 1994. – 350 с.
2. Звонов, В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учеб. для вузов / В.А. Звонов. – М.: Машиностроение. – 160 с.
3. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст]: моногр. / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Габитов. – М.: Изд-во МГТУ им. М.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
4. Пат. 042445 Российской Федерации. МПК F02M27/04, F02B51/04. Способ интенсификации работы двигателя внутреннего сгорания / В.С. Морозова, В.К. Марченков, В.Л. Поляцко, В.С. Гун, С.П. Вяткин, В.И. Рамов. - RU-2007138802/06; заявл. 18.10.2007; опубл. 20.04.2009, бюл. № 11.

Поступила в редакцию 31.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. Ю.И. Аверьянов, Челябинский государственный агроинженерный университет, Челябинск, Россия.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ПОТОКУ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДВС

В.С. Морозова, В.С. Гун, В.Л. Поляцко

Експериментальні дослідження впливу магнітних полів на робочий процес двигуна внутрішнього згоряння показали поліпшення паливної економічності і зниження вмісту токсичних компонентів у відпрацьованих газах. Розглянуто перспективи подальшого зниження токсичних компонентів і поліпшення економічних показників шляхом інтенсифікації роботи двигуна внутрішнього згоряння магнітним полем. У статті наводяться результати ходових випробувань автомобіля ВАЗ-21213 «Нива» в умовах міського циклу руху. Обладнаний магнітними пристроями автомобіль показав зниження токсичних компонентів відпрацьованих газів при одночасному поліпшенні паливної економічності.

Ключові слова: поршневі двигуни внутрішнього згоряння, відпрацьовані гази, токсичні компоненти відпрацьованих газів, повнота згоряння, екологічність автомобілів, зовнішнє сумішоутворення, магнітне поле.

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE MAGNETIC STREAM ON ECOLOGICAL INDICATORS OF ENGINE

V.S. Morozova, V.S. Goun, V.L. Polyacko

Pilot studies of influence of magnetic fields on working process of the engine of internal combustion showed improvement of fuel profitability and decrease in the maintenance of toxic components of exhaust. Prospects of further decrease in toxic components and improvement of economic indicators by an intensification of work of an internal combustion engine are considered by a magnetic field. Results of trial runs of the car are given in article VAZ-21213 "NIVA" in the conditions of a city motion cycle. The car equipped with magnetic devices showed decrease in toxic components of exhaust simultaneous improvement of fuel profitability.

Key words: the piston internal combustion engines, toxic components of exhaust, completeness of combustion, environmental friendliness of cars, external carburetion, magnetic field.

Морозова Вера Сергеевна – доктор техн. наук, профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Южно-Уральского государственного университета «ЮУрГУ», Челябинск, Россия, e-mail: mauechka_pol@mail.ru.

Гун Валентина Сергеевна – канд. техн. наук, доцент кафедры электротехники Южно-Уральского государственного университета «ЮУрГУ», Челябинск, Россия, e-mail: vgoun@mail.ru.

Поляцко Владимир Леонидович – ассистент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Южно-Уральского государственного университета «ЮУрГУ», Челябинск, Россия, e-mail: polyacko_2002@list.ru.