

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

В статье дана сравнительная оценка использования бензина и газового топлива на примере автомобилей семейства ГАЗ по критериям экологической безопасности.

Автотранспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды [1]. В масштабах Российской Федерации доля автотранспорта в суммарных выбросах загрязняющих веществ в атмосферу всеми техногенными источниками достигает в среднем 43%, в выбросах «климатических» газов – порядка 10%, в массе промышленных отходов – 2%, в сбросах вредных веществ (ВВ) со сточными водами – около 3%, в потреблении озоноразрушающих веществ – не более 5%. Доля автотранспорта в загрязнении атмосферного воздуха крупных городов достигает 85-90%. Наибольшая доля этого ущерба (до 60%) связана с перевозками пассажиров легковыми автомобилями.

В сложившейся ситуации наряду с совершенствованием конструкций ДВС, технологий ТО и ТР, методов и средств организации дорожного движения использование альтернативных экологически более чистых видов моторного топлива является одним из основных путей снижения негативного влияния автомобиля на экологию города.

В качестве основных альтернативных видов моторного топлива широкое распространение получили сжиженный углеводородный газ (СУГ) и компримированный природный газ (КПГ). Более перспективным является использование на автотранспорте природного газа, 35% мировых запасов которого находится в России. Европейская экономическая комиссия ООН 12 декабря 2001 г. приняла резолюцию, предусматривающую перевод к 2020 г. на КПГ 10% парка автотранспортных средств стран Европы [5, 6]. Согласно Концепции использования КПГ, одобренной в 2002 г. комиссией при Правительстве РФ по альтернативным топливам, уровень 1 млн. газобаллонных автомобилей в России должен быть достигнут в 2020 г. (2% парка автотранспортных средств России). В 2010 г. количество газобаллонных автомоби-

лей должно составить 120-140 тыс. ед. (0,3% парка автотранспортных средств России).

Для того чтобы ответить на вопрос, насколько эффективным является использование альтернативных видов топлива в плане оздоровления атмосферы промышленных городов, проведем оценку экологической опасности автомобиля ГАЗ-32213 (микроавтобус «Газель»), осуществляющего пассажирские перевозки в условиях города Оренбурга (среднесуточный пробег составляет 270 км), на бензине А-92, СУГ и КПГ.

Выберем методику проведения оценки. Так, для оценки экологической опасности транспортных средств используют удельные показатели токсичности отработавших газов (ОГ) – количество выбросов i -ого вредного вещества с ОГ в атмосферу. При проведении испытаний автомобилей на беговых барабанах удельный показатель выражается в единицах массы i -ого ВВ на единицу пройденного пути (г/км) или на одно испытание (г/исп), а при проведении испытаний ДВС на моторном стенде – в единицах массы i -ого ВВ на единицу выполненной транспортной работы (г/кВт*ч). Подобный подход может привести к необъективной оценке, так как только по массовым характеристикам каждой смеси невозможно составить истинную картину экологической опасности автомобиля. Это связано прежде всего с тем, что в состав ОГ входит множество примесей, имеющих различные количественные и токсические характеристики и принадлежащие к разным классам опасности.

Критерии экологической опасности автомобиля, основанные на комплексной характеристике экологической опасности ОГ – категории опасности автомобиля (КОА) [4], лишены этого недостатка, так как КОА характеризует одновременно количество выбросов всех примесей, содержащихся в ОГ, а также их класс

опасности и токсичность и рассчитывается по формуле, м³/с:

$$КОА = \sum_{i=1}^n КОВ_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где КОВ_i – категория опасности i-ой примеси, м³/с;

M_i – количество выбросов i-ой примеси, г/с;

ПДК_i – максимально-разовая предельно допустимая концентрация i-ой примеси, г/м³;

α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести классы опасности i-ого вещества и диоксида серы (III класс опасности);

n – количество вредных примесей в ОГ.

Критерий экологической опасности автомобиля K_a [2] позволяет судить о соответствии автомобиля стандартным требованиям экологической безопасности:

$$K_a = \frac{КОА}{КОА_{ЕВРО}}, \quad (2)$$

где КОА – категория опасности исследуемого автомобиля, м³/с;

КОА_{ЕВРО} – категория опасности автомобиля, удовлетворяющего самым жестким действующим нормам на выбросы (на сегодняшний день это ЕВРО-IV), м³/с.

Исследуемый автомобиль и автомобиль-эталон принадлежат к одному классу и испытываются в рамках одного испытательного цикла, что позволяет сравнивать их при условии выполнения ими одинаковой транспортной работы. Однако K_a не может выступать в качестве критерия для оценки влияния вида топлива на экологическую опасность автомобиля. Для этого нами предлагается критерий экологической приспособленности ДВС к альтернативным видам топлива T /3/:

$$T = \frac{КОА_k}{КОА_0}, \quad (3)$$

где КОА_k – категория опасности исследуемого автомобиля, работающего на k-ом альтернативном виде топлива, м³/с;

КОА₀ – категория опасности исследуемого автомобиля, работающего на базовом топливе, м³/с.

Исследуемый автомобиль на k-ом альтернативном и базовом видах топлива испытывается в рамках одного испытательного цикла (ЕВРО). Из уравнения (3) следует, что если T < 1, то при переводе ДВС на k-ый альтернативный вид топлива экологическая опасность автомобиля снижается (ДВС экологически приспособлен к k-ому альтернативному виду топлива) по сравнению с базовым топливом. Если T > 1, то k-ый альтернативный вид топлива, наоборот, увеличивает экологическую опасность автомобиля (ДВС экологически не приспособлен к k-ому альтернативному виду топлива).

T может выступать в качестве уточняющего коэффициента при расчете уровня экологической опасности автомобиля, переоборудованного для работы на альтернативном виде топлива:

$$K_a^k = T \times K_a^0, \quad (4)$$

где K_a⁰ – уровень экологической опасности автомобиля, работающего на базовом топливе;

T – уровень экологической приспособленности ДВС к k-ому альтернативному виду топлива;

K_a^k – уровень экологической опасности автомобиля, работающего на k-ом альтернативном виде топлива.

На основе нормативов ЕВРО по уравнениям (1) – (4) нами определены возможные уровни экологической опасности автомобилей и экологической приспособленности ДВС к альтернативным видам топлива (таблица 1).

Проведем оценку экологической опасности автомобиля ГАЗ-32213¹, работающего на

Таблица 1. Числовые значения уровней экологической опасности автомобилей и экологической приспособленности ДВС к альтернативным видам топлива

ЕВРО	Значение K _a	Уровень опасности АТС	Значение T	Уровень приспособленности ДВС
0	>30	чрезвычайно опасный	> 1,00	не приспособлен
I	10 ÷ 30	высоко опасный	0,35 ÷ 1,00	мало приспособлен
II	3 ÷ 10	умеренно опасный	0,10 ÷ 0,35	умеренно приспособлен
III	1 ÷ 3	мало опасный	0,03 ÷ 0,10	высоко приспособлен
IV	< 1	не опасный	< 0,03	совершенно приспособлен

¹ Автомобиль испытан по программе европейского ездового цикла

бензине А-92 (базовое топливо), СУГ и КПП, по описанным выше критериям. Значения рассматриваемых параметров представлены в таблицах 2, 3.

Проанализировав комплексные характеристики экологической опасности ОГ автомобиля ГАЗ-32213, работающего на бензине и ГМТ (таблица 2), можно с уверенностью утверждать, что наиболее опасной примесью являются оксиды азота (97,5-98,2% КОА), массовое содержание которых в ОГ не столь велико (18,3-24,5% М_г). Вклады остальных примесей в формирование экологической опасности автомобиля, работающего на разных видах топлива, можно признать мало значимыми (менее 10% КОА).

Таким образом, автомобиль ГАЗ-32213 при работе на любом из рассматриваемых видов топлива относится к *высоко опасным* источникам выбросов ($K_a^k = 14-24$). Но перевод ДВС автомобиля ГАЗ-32213 на компримированный природный газ, к которому двигатель экологически *мало приспособлен* ($T=0,59$), позволяет снизить экологическую опасность рассматриваемого автомобиля в 1,7 раза; на сжиженный углеводородный газ, к которому двигатель также экологически *мало приспособлен* ($T=0,92$), – в 1,1 раза по сравнению с базовым топливом – бензином А-92.

Если с экологических позиций использование ГМТ вполне очевидно, то экономичес-

Таблица 2. Комплексные характеристики экологической опасности отработавших газов автомобиля ГАЗ-32213, работающего на бензине А-92, СУГ и КПП

Вид топлива	Категория опасности вещества КОВ						Категория опасности автомобиля КОА	
	СО		СН		NOx		м ³ /с	%
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%		
А-92	12,8	1,7	5,7	0,8	739,5	97,5	758,0	100,0
СУГ	8,7	1,3	3,4	0,5	682,9	98,2	695,0	100,0
КПП	5,5	1,2	4,9	1,1	434,6	97,7	445,0	100,0

Таблица 3. Оценка автомобиля ГАЗ-32213, работающего на бензине А-92, СУГ и КПП, по критериям экологической опасности

Вид топлива	Значение K_a^k	Уровень экологической опасности АТС	Значение Т	Уровень экологической приспособленности ДВС к альтернативным видам топлива	Значение K_a^0
А-92	24	Высоко опасные	1,00	–	24
СУГ	22	Высоко опасные	0,92	мало приспособлен	24
КПП	14	Высоко опасные	0,59	мало приспособлен	24

кая целесообразность перевода на газовое топливо при сложившихся условиях (отсутствие стимулирующих использование альтернативных видов топлива ценовой и налоговой политики, соответствующих законов и программ) остается вопросом. Для того чтобы ответить на него, проведем оценку экономической эффективности эксплуатации автомобиля ГАЗ-32213, работающего на бензине и ГМТ, с расчетом показателей сравнительной экономической эффективности, который включает расчет необходимых капитальных вложений, экономию эксплуатационных (текущих) затрат, сроки окупаемости капитальных вложений и годового экономического эффекта. При этом необходимо учесть влияние следующих факторов, возникающих при переводе ДВС на ГМТ: снижение себестоимости моторного топлива; снижение эксплуатационных затрат за счет увеличения моторесурса и межремонтных пробегов двигателя, а также снижения расхода моторного масла; уменьшение ущерба, создаваемого загрязнением воздушного бассейна.

Суммы капитальных вложений К в переоборудование автомобиля ГАЗ-32213 для работы на ГМТ приведены в таблице 4.

Экономия текущих (эксплуатационных) затрат за год при эксплуатации автомобиля ГАЗ-32213 на ГМТ определяется экономией затрат на топливо (таблица 5), уменьшенной на размер дополнительных эксплуатационных расходов, связанных с амортизацией, техническим обслуживанием и текущим ремонтом газобаллонного оборудования (таблица 6).

Плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле:

$$П^H = K_{ЭС} \times \sum_{k=1}^r (Q_k \times Y_k), \quad (5)$$

где $П^H$ – плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников, руб.;

$K_{ЭС}$ – коэффициент экологической ситуации района;

Q_k – количество k-ого вида топлива, израсходованного передвижным источником за отчетный период, т;

Y_k – удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании 1 тонны (1 тыс. м³) k-ого вида топлива, руб./тонна (руб./тыс. м³);

r – число применяемых видов топлива.

Результаты расчета годовой платы за загрязнение атмосферного воздуха одним автомобилем ГАЗ-32213 приведены в таблице 7.

Годовая сумма экономии текущих (эксплуатационных) затрат Э складывается из экономии на топливе, экономии на плате за загрязнение атмосферного воздуха за вычетом дополнительной суммы эксплуатационных расходов, связанных с амортизацией, техническим обслуживанием и текущим ремонтом газобаллонного оборудования (таблица 8).

Таблица 4. Капитальные вложения в переоборудование одного автомобиля ГАЗ-32213 для работы на ГМТ

Наименование показателей	Вид топлива	
	СУГ	КПГ
Капитальные вложения всего, руб	13265	27751
в том числе:		
стоимость комплекта газобаллонного оборудования	8650	21410
стоимость монтажа и наладки	3750	4200
транспортные расходы	865	2141

Таблица 5. Затраты на топливо за год для одного автомобиля ГАЗ-32213

Наименование показателей	Базовая модель ГАЗ 32213 (бензин А-92)	Газобаллонная модель ГАЗ 32213	
		СУГ	КПГ
Количество автомобилей, ед	1	1	1
Среднесуточный пробег, км	270	270	270
Расход топлива, л/100км (м ³ /100км)*	летняя норма	19,4	14,9
	зимняя норма	21,1	16,2
Годовой расход топлива, л (м ³)* - всего	22062	27577	16968
в том числе:			
в летний период	10568	13210	8127
в зимний период	11494	14367	8841
Добавка бензина на холодный пуск в зимних условиях, л	-	287	72
Цена 1 л (м ³)* топлива	10,8	5,5	4,0
Затраты на топливо за год, руб	238270	154773	68650
Годовая экономия нефтяного топлива, л	-	21775	21990
Годовая экономия на топливе, руб	-	83497	169620

*для компримированного природного газа

Таблица 6. Дополнительные эксплуатационные затраты за год для одной газобаллонной модели автомобиля ГАЗ-32213

Наименование показателей	Вид топлива	
	СУГ	КПГ
Годовой пробег, км	98550	98550
Капитальные вложения в переоборудование автомобиля, руб	13265	27751
Норма амортизации, % на 1000км	0,22	0,22
Годовая сумма амортизационных отчислений, руб	2875	6017
Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт газобаллонного автомобиля за год, руб	929	1943
Дополнительные эксплуатационные расходы за год, руб	3804	7960

Срок окупаемости капитальных вложений O в переоборудование автомобиля определяется по формуле:

$$O = K / \Delta \quad (6)$$

Годовой экономический эффект Δ_r от эксплуатации одного автомобиля ГАЗ-32213 на газовом моторном топливе определяется по формуле:

$$\Delta_r = \Delta - E_n \times K, \quad (7)$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,15$).

Результаты расчета показателей экономической эффективности приведены в таблице 8.

Таким образом, эксплуатация одного автомобиля ГАЗ-32213 на ГМТ по сравнению с бен-

Таблица 7. Годовая плата за загрязнение атмосферного воздуха одним автомобилем ГАЗ-32213

Наименование показателей	Базовая модель ГАЗ-32213 (бензин А-92)	Газобаллонная модель ГАЗ 32213	
		СУГ	КПГ
Коэффициент экологической ситуации района	2	2	2
Коэффициент экологической ситуации района с учетом поправки на условия города	2,4	2,4	2,4
Удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании 1 тонны (1 тыс. м ³) k-ого вида топлива, руб./тонна (руб./тыс. м ³)*	1,3	1,2	1,2
Годовой расход топлива, л (м ³)* - всего	22062	27577	16968
Добавка бензина на холодный пуск в зимних условиях, л	-	287	72
Плата за загрязнение атмосферного воздуха одним автомобилем за год, руб.	52	41	49
Годовая экономия на плате за загрязнение атмосферного воздуха, руб.	-	11	3

*для компримированного природного газа

Таблица 8. Экономическая эффективность эксплуатации одного автомобиля ГАЗ-32213 на ГМТ

№ п/п	Наименование показателей	Базовая модель ГАЗ-32213 (бензин А-92)	Газобаллонная модель ГАЗ-32213	
			СУГ	КПГ
1	Количество автомобилей, ед	1	1	1
2	Средний пробег автомобиля за день, км	270	270	270
3	Затраты на топливо за год, руб	238270	154773	68650
4	Дополнительные эксплуатационные расходы для газобаллонной модели за год, руб	-	3804	7960
5	Плата за загрязнение атмосферного воздуха за год, руб	52	41	49
6	Годовая экономия нефтяного топлива, т	-	16	16
7	Экономия эксплуатационных затрат за год, руб	-	79704	161663
8	Капитальные вложения в переоборудование автомобиля, руб – всего	-	13265	27751
9	Срок окупаемости затрат на переоборудование автомобиля, мес	-	2,0	2,1
10	Дополнительный годовой экономический эффект от эксплуатации автомобиля на газовом моторном топливе, руб	-	77714	157500

*для компримированного природного газа в м³

зином А-92 обеспечивает дополнительный годовой экономический эффект в размере 77714 рублей при использовании СУГ и 157500 рублей при использовании КППГ. Срок окупаемости затрат на оснащение автомобиля газобаллонным оборудованием составляет 2,0 месяца.

Итак, перевод ДВС автомобиля ГАЗ-32213 с бензина А-92 на СУГ позволяет снизить его экологическую опасность в 1,1 раза, а на КППГ – в 1,7 раза. При этом экономия нефтяного топ-

лива, приходящаяся на один автомобиль, в обоих случаях достигает 16 тонн в год. Дополнительный экономический эффект от использования КППГ в 2 раза выше, чем от использования СУГ. Следовательно, замещение нефтяных моторных топлив газовыми является экологически и экономически оправданной мерой. Причем наиболее перспективным направлением следует считать использование природного газа в качестве топлива.

Список использованной литературы:

1. Антифеев В.Н., Ровнер Г.М., Мкртычан Я.С. О новой московской программе использования альтернативных видов моторного топлива на автотранспорте // АГЗК. – 2002. – №4. – С. 8-17.
2. Бондаренко Е.В., Коротков М.В. Критериальная характеристика экологической безопасности и технического совершенства автотранспортных средств // Вестник ОГУ. – 2002. – №3. – С. 25-28.
3. Бондаренко Е.В., Филиппов А.А., Коротков М.В. Оценка экологической опасности автомобиля, работающего на разных видах топлива // Автомобильная промышленность. – 2004. – №4.
4. Бондаренко Е.В., Цыцура А.А. Комплексная оценка экологичности автомобильного транспорта // Академический журнал Уральского межрегионального отделения Российской Академии транспорта (УМО РАТ). – 2001. – №3-4. – С. 61-63.
5. О стимулировании природного газа в качестве моторного топлива в некоторых странах мира (данные 1999-2002 гг.) // АГЗК + АТ. – 2003. – №1 (7). – С. 66-68.
6. Чириков К. Прогноз применения компримированного природного газа на автотранспорте // АГЗК+АТ. – 2003. – №3 (9). – С. 20-23.