

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОБЕГА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ 21102

В связи с разными методиками определения экологических показателей ДВС (санитарно-гигиенических и технических) однозначной взаимосвязи между ними не существовало. В данной статье рассмотрено изменение уровня экологической безопасности автомобиля ВАЗ 21102 с помощью предложенного ранее метода интегральной оценки уровня экологической опасности и технического совершенства автотранспортных средств.

Проблема антропогенного и техногенного загрязнения наиболее остро стоит в городах с высокой концентрацией промышленных предприятий, транспорта и населения. Доказано, что ведущим фактором антропогенного воздействия на качество атмосферного воздуха и здоровье населения во многих городах является автомобильный транспорт [1].

Автомобиль является сложным техническим средством, в котором многие узлы и агрегаты влияют на качество окружающей среды. Но главным из них следует считать двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Поэтому наши исследования направлены на решение задачи по комплексной оценке и управлению экологичностью автомобильного двигателя в процессе всего срока его службы.

Для определения изменения уровня экологической безопасности автомобиля в процессе эксплуатации были проведены исследования по оценке влияния пробега на количество и токсичность отработавших газов. В качестве испытуемого автомобиля нами был рассмотрен легковой автомобиль ВАЗ 21043/53/07-10, являющийся распространенным представителем автомобильных парков городов России (до 35%). Теперь мы предлагаем рассмотреть по предложенной нами схеме [2] другой распространенный в последние годы легковой автомобиль – ВАЗ 21102. Такой автомобиль оснащен восьмиклапаным, инжекторным двигателем ВАЗ 2111 с рабочим объемом $V_h=1,5$ л., свечами зажигания А 17 ДВРМ и типом используемого топлива – бензин Аи-95. Кроме того, на автомобиль установлена система снижения токсичности ЕВРО-3.

Для получения достоверного результата, так же как и для автомобиля ВАЗ 2107, нами из серийного производства были отобраны 6 автомобилей одинаковой вышеописанной комплектации. Относительная ошибка измерений составила: 17% для оксидов азота; 15% для оксида углерода; 16% для углеводородов.

Таблица 1. Результаты замеров количества выбросов в ОГ автомобиля ВАЗ 21102 с различной величиной пробега

Пробег, км	Количество выбросов ВВ автомобилем с разным пробегом							
	СО		СН		NO _x		Итого	
	[г/км]	%	[г/км]	%	[г/км]	%	[г/км]	%
0	0,310	76	0,070	17	0,030	7	0,410	100
2500	0,600	82	0,090	12	0,040	6	0,730	100
6000	0,780	85	0,070	8	0,050	5	0,920	100
16900	0,710	88	0,070	9	0,030	3	0,810	100
30000	1,680	91	0,120	7	0,040	2	1,840	100
40000	1,320	87	0,150	10	0,040	3	1,510	100
50000	1,010	85	0,120	10	0,060	5	1,190	100
60000	0,980	85	0,110	10	0,060	5	1,150	100
70000	0,770	84	0,090	10	0,060	6	0,920	100
80000	1,020	84	0,120	10	0,080	6	1,220	100

Результаты замеров концентраций вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) [2] по мере увеличения наработки (пробега) представлены в таблице 1.

Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что доля угарного газа в ОГ является наибольшей (от 76 до 84% по массе), затем в ряду располагаются углеводороды (от 7 до 17% по массе) и на последнем месте – оксиды азота (от 2 до 7% по массе). Процентное содержание угарного газа к 30 000 км возрастает (до 91%), а затем снижается (до 84%). Процентное содержание углеводородов и оксидов азота, наоборот, сначала (к 30 000 км пробега) снижается с 17 до 7% и с 7 до 2% соответственно, затем возрастает (до 10% и 6% соответственно) относительно общего количества выбросов. При этом следует отметить, что общее количество выбросов существенно возрастает (примерно в 3 раза) при пробеге 80 000 км.

Следовательно, однозначной оценки экологической опасности автомобиля по количеству выбросов многих примесей сделать нельзя, то есть возникает необходимость в интегральной оценке ВВ в ОГ. Для определения интегральной характеристики экологической опасности автомобиля (категории опасности автомобиля, КОА) количество выбросов каждой примеси в атмосферу (M_i^1) было представлено, как и ранее, в виде потока

вещества, пересчитанного через параметры ездового цикла [3]:

$$M_i^t = \frac{M_i^L \times L_{\text{ц}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где: M_i^L – удельный выброс i -того вещества на один км пробега, г/км; $L_{\text{ц}} = 11$ км – протяженность ездового цикла; $t_{\text{ц}} = 1220$ с – время ездового цикла.

В таблице 2 представлены характеристики выбросов различных примесей в атмосферу, выделяемых отдельным автомобилем в единицу времени, в зависимости от пробега, который изменялся в пределах от 7500 до 80000 км. На наш взгляд, целесообразно отдельно рассматривать начальную часть зависимости, выбросы ВВ с ОГ при пробеге от 0 примерно до 7500 км, так как в этот период автомобиль работает в «неблагоприятных» условиях. Повышенное трение, приработка деталей различных узлов и систем автомобиля их настройка и регулировка – все это является причиной повышенных выбросов примесей ВВ в ОГ нового автомобиля. Влияние величины пробега на выбросы ВВ с ОГ автомобиля ограничено требованиями правил ЕЭК ООН, которые должны укладываться в определенные нормы на протяжении 80 000 км (таблица 2).

Анализ выбросов отдельных примесей с ОГ в атмосферу показывает, что приоритетной примесью в ОГ должен быть оксид углерода (от 84 до 90% по массе), затем углеводороды (от 7 до 10%) и на последнем месте оксиды азота.

Так, концентрация оксида азота в ОГ сначала уменьшается (примерно к 20 000 км пробега), а затем растет по степенному закону. В общем виде функциональную зависимость концентрации оксида азота от пробега можно представить уравнением:

$$M_{\text{NOx}} = 0,00017 + 0,71 \times 10^{-9} \times L, \quad (2)$$

где: M_{NOx} – количество оксида азота, г/с; L – пробег автомобиля, км (изменяется в пределах 7500 км – 80 000 км).

Теперь рассмотрим влияние пробега (от 7500 до 80 000 км) на количество оксида углерода и углеводородов в ОГ. Количество оксида углерода увеличивается примерно на 33% (с 0,006 до 0,008 г/с), а содержание углеводородов практически на 28% (с 0,0007 до 0,0009 г/с). Изменение количества углеводородов и оксида углерода в ОГ описывается математическими уравнениями (3) и (4) соответственно:

$$M_{\text{CH}} = 0,0005 + 0,35 \times 10^{-8} \times L - 2,4 \times 10^{-13} \times L^2, \quad (3)$$

$$M_{\text{CO}} = 0,004 + 0,9 \times 10^{-7} \times L - 3,2 \times 10^{-12} \times L^2, \quad (4)$$

где: M_i – концентрация углеводородов или же оксида углерода, г/с.

Доля оксида углерода (IV класс опасности) в ОГ к 30000 км несколько увеличивается (с 85 до 90%), а затем снижается (до 84%), в то время как доля углеводородов (IV класс опасности) в общем объеме выбросов сначала снижается (с 10 до 7%), а затем несколько увеличивается (до 9%). Доля оксидов азота сначала уменьшается (с 5 до 3%), а затем резко увеличивается более чем в два раза (до 7%).

Анализ влияния пробега на количество выбросов отдельных примесей с ОГ для автомобиля ВАЗ 21102 позволяет с уверенностью утверждать лишь то, что с увеличением пробега автомобиль становится экологически более опасным. Так как вышеописанные вещества имеют различную токсичность и относятся к разным классам опасности, а их доля в общем объеме выбросов то увеличивается, то уменьшается – складывается довольно противоречивая картина в выборе приоритетов. Используя принятую систему оценок, невозможно однозначно ответить на следующие вопросы: какая примесь является приоритетной? На сколько автомобиль становится более опасным? По какому закону происходит снижение его экологической безопасности? Следовательно, анализ экологической безопасности автомобиля по количеству выбросов не дает полного представления о ней, так как этот показатель не учитывает токсичности и класса опасности химически опасных веществ.

Для интегральной оценки опасности ВВ в ОГ любого автомобиля мы будем использовать категорию опасности автомобиля (КОА) [4], которая интегрирует в себе одновременно количество

Таблица 2. Изменение количества выбросов ВВ с ОГ по мере увеличения пробега

Пробег, км	Количество выбросов ВВ автомобилем с разным пробегом							
	СО		СН		NO _x		Итого	
	[г/с]	%	[г/с]	%	[г/с]	%	[г/с]	%
7500	0,006	85	0,0007	10	0,0004	5	0,0071	100
10000	0,006	85	0,0007	10	0,0004	5	0,0071	100
20000	0,009	89	0,0008	8	0,0003	3	0,0101	100
30000	0,013	90	0,0010	7	0,0004	3	0,0144	100
40000	0,012	88	0,0012	9	0,0004	3	0,0136	100
50000	0,011	87	0,0011	9	0,0005	4	0,0126	100
60000	0,009	86	0,0010	10	0,0005	4	0,0105	100
70000	0,008	84	0,0009	9	0,0006	7	0,0095	100
80000	0,008	84	0,0009	9	0,0006	7	0,0095	100

выбросов всех примесей, содержащихся в отработавших газах, а также их классы опасности и токсичность:

$$KOA_j = \sum_1^m KOB = \sum_1^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (5)$$

где α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -того вещества с вредностью диоксида серы (III класс опасности); ПДК – максимально-разовая предельно допустимая концентрация, г/м³; КОВ – категория опасности i -того вещества, входящего в состав ОГ и подлежащего нормированию, м³/с.

Далее, используя уравнение (5) и данные таблицы 2, мы рассчитали влияние пробега на категории опасности веществ, входящих в состав ОГ автомобиля, и категорию опасности самого автомобиля (таблица 3).

Из табличных данных следует, что категория опасности автомобиля находится в зависимости от пробега и описывается функцией вида:

$$KOA = 7,69 + 0,0001 \times L, \quad (6)$$

где: KOA – категория опасности автомобиля, м³/с; L – пробег автомобиля, км (изменяется в пределах 7500 км – 80 000 км).

Проанализировав интегральные показатели экологической безопасности автомобиля по примесям (КОВ) (таблица 3), можно с уверенностью утверждать следующее:

1. Угарный газ не является приоритетной примесью в ОГ автомобиля ВАЗ 21102. Его вклад в интегральный показатель не превышает 33%.

2. Опасность углеводородных соединений, входящих в состав ОГ, можно признать незначимой (менее 7% от KOA).

3. Самой опасной примесью в ОГ следует считать диоксид азота, КОВ для которого колеблется в пределах от 61 до 81%, а количество по массе не превышает 7%.

4. Экологическая опасность автомобиля ВАЗ 21102 с увеличением пробега до $80 \cdot 10^3$ км возрастает до 1,74 раза.

Но категория опасности не дает нам ответа на главный вопрос: насколько опасен автомобиль? Мы не знаем, как все это соотносится с действующими нормами на выбросы ВВ от автомобилей данного класса и каков уровень технического совершенства этого автомобиля с позиции экологической безопасности. Поэтому возникает необходимость в сравнительной оценке экологической

безопасности автомобиля, что возможно лишь в сравнении с нормами ЕВРО для соответствующего класса автомобилей [2].

Сравнительная оценка экологической безопасности автомобиля может быть проведена с помощью критерия экологической безопасности автомобиля, который может быть определен по формуле

$$K_a = \frac{KOA_j}{KOA_{ЕВРО}}, \quad (7)$$

$KOA_{ЕВРО} = 27$ м³/с категория опасности автомобиля (Class II по ЕВРО), удовлетворяющего ЕВРО IV [2]; KOA_j – категория опасности автомобиля, определяемая для реальных условий эксплуатации автомобиля, м³/с.

Теперь, подставляя значения KOA для автомобилей ВАЗ 21102 (таблица 3) в уравнение (7), можно получить критериальную характеристику уровня его экологической безопасности (рисунок 1). Словесное описание экологической безопасности автомобиля можно связать с численными значениями критерия K_a (таблица 4).

Изменение уровня экологической безопасности автомобиля ВАЗ 21102 в общем виде можно описать степенной функцией вида:

$$K_a = 0,28 + 0,94 \times 10^{-6} \times L, \quad (8)$$

где: K_a – критерий экологической безопасности автомобиля; L – пробег автомобиля (7500 Σ 80 000), км.

Таблица 3. Влияние пробега на категорию опасности вещества и автомобиля

Пробег, км	Категория опасности вещества						Категория опасности автомобиля	
	NO _x		CO		CH		м ³ /с	%
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7500	6,9	73	1,9	20	0,5	7	9,4	100
10000	6,8	74	2,0	22	0,5	4	9,2	100
20000	6,1	65	2,6	28	0,6	7	9,3	100
30000	6,8	61	3,7	33	0,7	6	11,1	100
40000	7,6	64	3,4	29	0,8	7	11,8	100
50000	9,2	71	3,1	24	0,8	5	13,0	100
60000	10,4	75	2,8	20	0,7	5	13,8	100
70000	12,1	80	2,5	16	0,7	4	15,2	100
80000	13,3	81	2,5	15	0,7	4	16,4	100

Таблица 4. Границы уровней экологической опасности автомобилей

ЕВРО	Уровень опасности автомобиля	Значение K_a
0	Чрезвычайно опасные	> 10
I	Высоко опасные	4 ÷ 10
II	Умеренно опасные	2 ÷ 4
III	Мало опасные	1 ÷ 2
IV	Не опасные	≤ 1

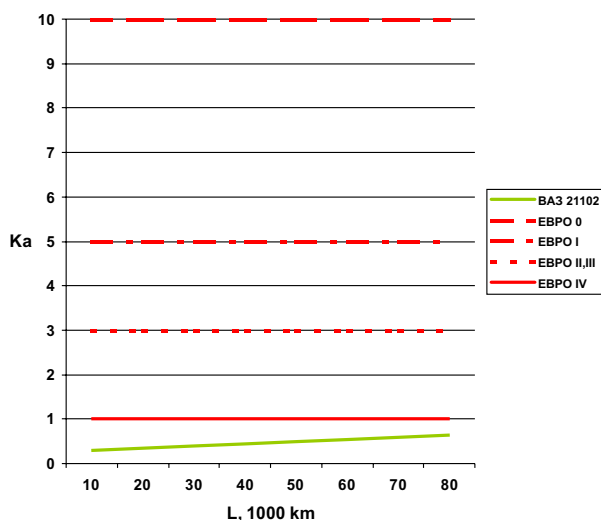


Рисунок 1. Зависимость критерия экологической безопасности автомобиля ВАЗ 21102 от пробега

Новый автомобиль ВАЗ 21102 по уровню экологической безопасности относится к неопасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a \leq 1$) [3]. По мере увеличения пробега наблюдается равномерный рост уровня его экологической опасности, и к пробегу в 80 000 км он увеличивается в два раза. Но даже с пробегом в 80 000 км этот автомобиль относится к неопасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a \leq 1$). Такие высокие результаты были достигнуты в основном благодаря безотказной работе системы снижения токсичности Евро-3, поэтому поддержание работоспособности системы снижения токсичности является сегодня актуальной задачей, стоящей перед инженерами отрасли, работающими над проблемой снижения токсичности ОГ.

Список использованной литературы:

1. Кульничский А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Владимир, 2000, с. 256.
2. Извещение о результатах испытаний автомобилей ВАЗ 21102-30, прошедших 80000 км. Протокол №И 46440, ПТ – 2124. АО «АВТОВАЗ». Управление проектирования двигателей. Отдел топливной аппаратуры и токсичности. – Тольятти, 2001.
3. Бондаренко Е.В., Коротков М.В. Критериальная характеристика экологической безопасности и технического совершенства АТС // Вестник ОГУ, №3, 2002. С. 25-28.
4. Цыцур А.А., Дворников Г.П., Бондаренко Е.В., Быстрых В.В., Музалева О.В. Оценка влияния автомобильного транспорта на качество воздушной среды Оренбуржья // Вестник ОГУ, №1(4), 2000. – С. 28-34.