

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТА, ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО АЭРОПОРТЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

В настоящее время практически каждый аэропорт гражданской авиации в любой стране мира располагает достаточно большим парком автомобилей для осуществления им вспомогательных или обеспечивающих непрерывную работу авиации функций. Так, перевозка пассажиров с аэропорта к авиалайнеру, транспортировка багажа, заправка топливом самолетов, доставка летательных аппаратов в ангары и из них на летное поле – все это работа обслуживающего аэропорты автотранспорта.

Именно от автотранспорта в атмосферу ежегодно выбрасываются миллиарды тонн диоксида углерода, токсичных газообразных соединений, твердых частиц, в том числе канцерогенных и мутагенных веществ.

Около 80 % всех видов загрязнения биосферы обусловлено энергетическими процессами, включающими в себя добычу, переработку и использование топлив. Если за весь период развития цивилизации человечество использовало 85 млрд. т топлива, то половина этого объема – за последние 30 лет. Ежегодно сжигают около 2 млрд. т только углей.

Из-за высокого уровня развития промышленности и транспорта в северном полушарии сосредоточено около 93 % всех газовых выбросов в атмосферу. Более того, около 90 % этих выбросов приходится на 10 % поверхности суши, включающей в себя часть Европы, Северной Америки и Японию. То есть основная часть продуктов сгорания всех видов топлив выбрасывается в атмосферу на площади в 3 % от всей поверхности планеты. Антропогенные источники приносят в атмосферу огромное количество свинца, что связано, в первую очередь, с отработавшими газами (ОГ) автомобилей при использовании этилированных бензинов. Концентрация свинца и других тяжелых металлов накапливается на поверхности литосферы, в иле рек и морей, в телах животных и людей. Очень опасными для человека являются канцерогенные углеводороды, оксиды азота и серы, выбрасываемые с ОГ двигателей автомобилей, самолетов, а также с продуктами сжигания топлив в энергетических и технологических установках.

Загрязнение атмосферы достигло угрожающих масштабов. Поэтому нужны принципиально новые эффективные решения по снижению техногенного воздействия транспорта, энергетики и промышленности на экологическую среду. Действительно, в отношениях между человеческой цивилизацией и биосферой накоплено огромное количество противоречий. В случае нерешения людьми этих противоречий биосфера разрешит их за счет человечества, которое просто будет уничтожено природой как вредная составляющая. А потом биосфера снова начнет последовательно восстанавливать свое динамическое равновесие, но уже без людей, которые просто перестанут существовать на Земле [1 – 3].

Сегодня техническая мощь человечества намного опередила его экологическую грамотность, так же, как и духовную культуру людей. Человек подошел к природе с единственным намерением – завоевать её, подчинить, силой взять ее богатства. Он поверил во всемогущество техники, стал выделять максимум средств на ее развитие и лишь мизер - на сохранение природы. Именно поэтому мировым сообществом должны быть немедленно сформулированы требования и принята жизненно важная концепция рационального природопользования – концепция высокой ответственности человека за сохранение природных систем Земли и здоровье самого человека [1 – 5].

К основным источникам загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах, относится автомобильный транспорт, основу которого (более 80 %) составляют автомобили с бензиновыми двигателями. Так, в крупных городах Украины вклад автотранспорта в валовой выброс вредных веществ (ВВ) составляет от 50 до 90 %. В табл. 1 приведены данные по ряду городов Украины с преобладающим уровнем загрязнений атмосферы автотранспортом [4]. В г. Харькове автомобили с бензиновыми двигателями составляют 94 % от общего количества и на их долю приходится 85 % от всех автотранспортных выбросов.

Таблица 1 – Доля автотранспорта в загрязнении атмосферы городов Украины

Город	Доля автотранспорта в загрязнении, %
Ужгород	90.4
Ялта	88,0
Киев	77.6
Харьков	68,2
Николаев	64,6
Одесса	61.6

В табл. 2 приведены основные вредные ингредиенты (бенз(а)пирен (БП), формальдегид (НСНО), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и другие), доминирующие в общем загрязнении атмосферы городов по количеству

случаев превышений ими среднесуточных предельно допустимых концентраций  $[ПДК_i]_{CC}$ .

Таблица 2 – Значимость отдельных вредных веществ в загрязнении атмосферы городов Украины

Город	Вещества, определяющие высокий уровень загрязнения атмосферы города
Днепропетровск	БП, НСНО, $NO_x$ , пыль
Донецк	БП, пыль, фенол, аммиак
Запорожье	БП, $NO_x$ , НСНО, фенол
Киев	БП, НСНО, $NO_x$ , сероуглерод
Кривой Рог	БП, НСНО, $NO_x$
Одесса	БП, НСНО, фтористый водород, $NO_x$
Харьков	БП, $NO_x$ , НСНО, пыль

В табл. 3 представлены показатели относительной вредности для человека токсичных и канцерогенных ингредиентов, выбрасываемых с ОГ автомобилей:  $[ПДК_{CO}]_{CC}/[ПДК_i]_{CC}$ .

Таблица 3 – Относительная вредность токсичных и канцерогенных веществ, выбрасываемых с ОГ автомобилей

Вредное вещество	Относительная вредность
СО (оксид углерода)	1
СН (несгоревшие неканцерогенные углеводороды)	2
$NO_2$ (диоксид азота)	75
БП (бенз(а)пирен)	3 000 000
НСНО (формальдегид)	1000
$SO_2$ (диоксид серы)	60
Сж (сажа)	60

По данным табл. 2 и 3 видно, что особо вредными веществами, выбрасываемыми с ОГ автомобилей, являются оксиды азота и канцерогены, из которых в атмосфере под воздействием солнечной радиации могут синтезироваться нитроканцерогенные вещества, обладающие мутагенными свойствами и очень опасные для здоровья человека [4, 6, 7]. Несмотря на большую значимость выбросов канцерогенов и оксидов азота для формирования негативных тенденций состояния атмосферного воздуха больших городов и мегаполисов, официальное законодательство Украины (ДСТУ) до настоящего времени не предусматривает их нормирование непосредственно с выбросами ОГ автомобилей.

Для выяснения приоритетности воздействия канцерогенов и оксидов азота, выбрасываемых с ОГ автомобилей, на состояние атмосферного воздуха, необходимо провести определение их количества за испытание (г/исп., а не объемной доли в % как предложено в действующих ДСТУ).

Кроме того, необходимо в процессе исследования определить эффективность отдельных мероприятий, применяемых для снижения токсичности выбросов.

Для получения более достоверных данных по экологическому несовершенству автомобилей, необходимо оценивать их только во время испытаний на стенде с беговыми барабанами по Европейскому ездовому циклу. Это позволит более полно определить степень воздействия автотранспорта на экологическую среду города. Программа исследований предусматривает такие основные этапы:

- подготовка и проведение испытаний автомобилей на стенде с беговыми барабанами;
- отбор и определение уровней выбросов нормируемых вредных веществ (СО, СН, NO<sub>x</sub>, БП) с ОГ автомобилей;
- установление экологического несовершенства исследуемых разновидностей автомобилей.

Для оценки экологической опасности выбросов автомобилей предлагается использовать показатель, определяющий уровень загрязнения атмосферы каждым из вредных веществ  $(z_i^j)$ , представляющий собой отношение массы  $i$ -го вредного вещества  $(G_i^j)$ , выбрасываемого с ОГ  $j$ -й модификации автомобиля за ездовой цикл к произведению расхода ОГ  $(V_{ОГ})$  на  $[ПДК_i]_{cc}$   $i$ -го вредного вещества

$$z_i^j = G_i^j / (V_{ОГ} [ПДК_i]_{cc}). \quad (1)$$

Рассчитанные для определенной модификации автомобиля  $(z_i^j)$  показывают, во сколько раз среднее содержание  $i$ -го вредного вещества в ОГ, измеренного в процессе испытаний автомобиля, превышает его предельно допустимый уровень в атмосферном воздухе  $[ПДК_i]_{cc}$ . Вещество, которое дает наибольший уровень загрязнения воздуха, является определяющим в загрязнении атмосферы.

Целесообразно использовать относительный уровень загрязнения воздуха  $(\bar{z}_i^j)$ , представляющий отношение  $z_i^j$  к сумме уровней загрязнения атмосферы всеми измеренными вредными веществами на исследуемом автомобиле

$$\bar{z}_i^j = 100 z_i^j / \sum_{k=1}^n z_k^j, \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

Параметр  $\bar{z}_i^j$  показывает вклад каждого из измеренных вредных веществ в общее загрязнение атмосферного воздуха.

Экологическое несовершенство автомобилей рекомендуется оценивать с помощью фактора относительной экологической вредности ( $\Phi_j$ ), представляющего отношение суммы уровней загрязнения атмосферного воздуха всеми измеренными на  $j$ -м автомобиле  $ВВ (z_i^j)$  к сумме уровней загрязнения воздуха базовой модификацией автомобиля, имеющей максимальное ее значение:

$$\Phi_j = \sum_{i=1}^n z_i^j / \max_1 \sum_{k=1}^n z_k^1. \quad (3)$$

Фактор позволяет определить, на сколько проведенные в автомобиле усовершенствования улучшили его экологическое состояние.

Снизить уровни выбросов автомобиля можно за счет более рациональной организации рабочего процесса двигателя, использования другого вида топлива, установкой на автомобиль системы нейтрализации ОГ, применения на автомобиле различных комбинаций из указанных методов.

Ниже представлены результаты испытаний легковых автомобилей типа ГАЗ-24 и ГАЗ-31 с карбюраторными двигателями типа ЗМЗ. Одно испытание состоит из четырех одинаковых ездовых циклов, непрерывно повторяемых один за другим. Общая длительность испытания – 13 мин. Модификации автомобилей ГАЗ приведены в табл. 4, где И – автомобиль, оборудованный искровым зажиганием; Ф-Ф – автомобиль с форкамерно-факельным зажиганием; ОСНОГ – автомобиль укомплектованный окислительной системой нейтрализации ОГ; БСНОГ – автомобиль с бифункциональной системой нейтрализации ОГ.

Таблица 4 – Общая характеристика исследуемых автомобилей

№ п/п	Марка автомобиля	Типы двигателя	Способ зажигания	Вид используемого топлива	Система нейтрализации ОГ
1	ГАЗ-31-029	ЗМЗ.402. 10	И	Бензин АИ-93	нет
2	ГАЗ-24-10	ЗМЗ.4021.10	И	Бензин АИ-76 (неэтилированный)	нет
3	ГАЗ-24-10	ЗМЗ.4022.10	Ф-Ф	Бензин АИ-76 (неэтилированный)	нет
4	ГАЗ-24-17	ЗМЗ. 4027. 10	И	Сжиженный газ (пропан-бутан)	нет
5	ГАЗ-24-10	ЗМЗ 402 1.10	И	Бензин АИ-76 (неэтилированный)	ОСНОГ
6	ГАЗ-24-10	ЗМЗ.4022.10	Ф-Ф	Бензин АИ-76 (неэтилированный)	ОСНОГ
7	ГАЗ-24-17	ЗМЗ. 4027. 10	И	Сжиженный газ (пропан-бутан)	ОСНОГ
8	ГАЗ-24-10	ЗМЗ.4021.10	И	Бензин АИ-76 (неэтилированный)	БСНОГ

Автомобили ГАЗ-31-029 и ГАЗ-24-10 (двигатели с искровым зажиганием, системы нейтрализации ОГ отсутствуют) приняты как базовые. Уровни выбросов автомобилей, а также их предельно-допустимые выбросы (ПДВ) приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Данные по уровням выбросов вредных веществ с ОГ исследуемых автомобилей за испытание по Европейскому ездовому циклу

№ п/п	Марка автомобиля	Способ зажигания	Система нейтрализации ОГ	Уровни выбросов вредных веществ, г/исп				
				СО	СН	NO <sub>x</sub>	СН + NO <sub>x</sub>	БП
1	ГАЗ-31-029	И	нет	27,4	9,2	9,6	18,8	36 · 10 <sup>-6</sup>
2	ГАЗ-24-10	И	нет	19,8	9,7	9,0	18,7	25,5 · 10 <sup>-6</sup>
3	ГАЗ-24-10	Ф-Ф	нет	10,7	7,9	4,8	12,7	4,0 · 10 <sup>-6</sup>
4	ГАЗ-24-17	И	нет	6,8	8,4	3,7	12,1	3,3 · 10 <sup>-6</sup>
5	ГАЗ-24-10	И	ОСНОГ	3,2	4,2	9,4	13,6	1,1 · 10 <sup>-6</sup>
6	ГАЗ-24-10	Ф-Ф	ОСНОГ	2,0	1,5	3,0	4,5	0,8 · 10 <sup>-6</sup>
7	ГАЗ-24-17	Л	ОСНОГ	0,7	2,4	3,9	6,3	0,7 · 10 <sup>-6</sup>
8	ГАЗ-24-10	И	БСНОГ	11,2	0,9	0,3	1,2	2,9 · 10 <sup>-6</sup>
	ПДВ (автомобиль без нейтрализатора)			45,0		6,0	17,0	
	ПДВ (автомобиль с нейтрализатором)			25,0		3,5	6,5	

Абсолютные ( $Z_i$ ), суммарные ( $\sum Z_i$ ) и относительные ( $\bar{Z}_i$ ) уровни загрязнения воздуха выбросами исследуемых модификаций автомобилей представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Приведенные и относительные уровни загрязнения воздуха выбросами автомобилей за испытание по Европейскому ездовому циклу

№	Числитель - $Z_i$ , знаменатель - ( $\bar{Z}_i$ )				$\sum Z_i / \sum \bar{Z}_i$
	СО	СН	NO <sub>x</sub>	БП	
1	1405/4.3	944/3.0	24615/75.7	5538/17.0	32502/100
2	1015/3.5	993/3.4	23077/79.5	3923/13.6	29010/100
3	549/3.8	810/5.7	12308/85.7	615/4.8	14282/100
4	349/3.1	862/7.7	9487/84.7	508/4.5	11206/100
5	164/0.7	431/1.7	24103/96.9	169/0.7	24867/100
6	103/1.3	154/1.9	7692/95.3	123/1.5	8072/100
7	36/0.3	246/2.4	10000/96.2	108/1.1	10390/100
8	584/30.5	92/4.9	769/40.9	446/23.7	1881/100

На основе полученных результатов исследований выполнен обобщенный анализ экологической эффективности проведенных усовершенствований автомобилей. Результаты анализа представлены в табл. 7, где индексы автомобилей (в соответствии с табл. 4)

расположены в порядке убывания их факторов экологической вредности.

Таблица 7 – Обобщенные данные по фактору экологической вредности всех исследуемых модификаций автомобилей

Модификации автомобилей	1	2	5	3	4	7	6	8
Фактор вредности ( $\bar{\Phi}_j$ )	100	89.3	76.5	43.9	34.5	32	24.8	5.8

Проведенные испытания показали, что основными вредными веществами, определяющими экологическое несовершенство автомобилей с бензиновыми двигателями, являются  $\text{NO}_x$  и БП, а также соединения свинца (при использовании этилированных бензинов).

Наибольшие значения факторов экологической вредности имеют базовые автомобили ГАЗ-31-029 и ГАЗ-24-10, работающие на бензине, оборудованные двигателями с искровым зажиганием и не имеющие систем нейтрализации ОГ.

Эффективным способом улучшения экологических показателей автомобилей с искровым зажиганием, является использование газового топлива вместо бензина (фактор экологической вредности такого автомобиля снижается в 3 раза).

Применение на автомобилях двигателей с форкамерно-факельным зажиганием улучшает экологические показатели автомобиля в 2 раза.

Установка на автомобили с искровым зажиганием, окислительной системы нейтрализации отработавших газов нецелесообразна, так как фактор экологической вредности снижается незначительно. В то же время при их использовании на автомобилях с форкамерно-факельным зажиганием фактор снижается в 3,6 раза.

Самым экологически совершенным из рассматриваемых является автомобиль ГАЗ-24-10 (с искровым зажиганием), оборудованный бифункциональной системой нейтрализации ОГ.

Соответствуют установленным нормам ПДВ: автомобиль ГАЗ-24-17, работающий на газовом топливе, автомобиль ГАЗ-24-10 с форкамерно-факельным зажиганием и ОСНОГ, а также автомобиль ГАЗ-24-10, оборудованный БСНОГ.

Существенное влияние на экологические параметры бензиновых автомобилей оказывает техническое состояние двигателей (износ деталей, загрязнение внутренних полостей камер сгорания и систем топливоподачи, неправильная регулировка систем зажигания и топливопитания и т.д.). Так, при неисправностях систем питания и зажигания горючей смеси двигателя, уровни выбросов БП с ОГ могут возрасти в 10 – 100 раз, то есть один автомобиль с неисправным или неправильно отрегулированным двигателем по степени загрязнения атмосферы может заменить целую сотню технически исправных автомобилей.

Принимая во внимание результаты испытаний, становится ясным, что создание экологически чистого автомобиля с двигателем внутреннего сгорания невозможно без использования:

- экологически чистых топлив – неэтилированных бензинов и бензинов с малым содержанием серы, азота и ароматических углеводородов;
- комбинированных систем топливоподачи, обеспечивающих эффективную работу двигателя на различных жидких, газообразных и комбинированных топливах;
- энергетически и экологически более совершенных способов сжигания топлив, в том числе с послойным смесеобразованием;
- адаптивных микропроцессорных систем управления рабочим процессом двигателей;
- бифункциональных систем нейтрализации отработавших газов

#### Список использованных источников

1. Олдак П.Г. Колокол тревоги: пределы бесконтрольности и судьбы цивилизации. – М.: Политиздат, 1990. -198с.
2. Канило П.М. Глобальная и социальная экология / НАН Украины. Ин-т проблем машиностроения. – Х., 1996. – 162 с.
3. Энергия и жизнь. Экология и будущее. / НАН Украины. Северо-Восточный научный центр; В.П. Семиноженко, П.М. Канило, А.И. Ровенский – Х.: Фолио, 1997. – 176 с.
4. Эффективность сжигания топлив и экология (энергоустановки и автомобили): Сб. науч. ст. /НАН Украины. Ин-т проблем машиностроения; отв. ред. Подгорный А.Н. - Харьков. 1993. - 205 с.
5. Філіппов А.З. Промислова екологія (транспорт). – К.: Вища школа. 1995. – 82 с.
6. Канило П.М., Подгорный А.Н., Христинич В.А. Энергетические и экологические характеристики ГТД при использовании углеводородных топлив и водорода. – К.: Наукова думка, 1987. – 224 с.
7. Распространение, образование, канцерогенная и мутагенная активность нитропроизводных полициклических ароматических углеводородов / А.Я. Хесина, М.С. Маховер, И.А. Хитрово // Экспер. онкология. – 1989. – Т. 2. – №2. – С. 3–7.

*Поступила в редакцию 15.10.2010.  
Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. А. Бычков,  
АНТК «Антонов», г. Киев*