

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА И В САЛОНЕ АВТОБУСА

Ю.А. Шапошников, Н.А. Чернецкая

В статье приводятся результаты исследования содержания вредных веществ в воздухе на перекрестке дорожной сети города и в салоне автобуса. Выполнен анализ влияния характеристики транспортных потоков, задержек автомобилей на перекрестке, а также технического состояния автобуса на содержания вредных веществ в воздухе. Исследования показали, что сокращение задержек на дорожной сети города позволит уменьшить объемы автомобильных выбросов и соответственно содержание вредных веществ в воздухе. Для улучшения экологической обстановки предлагается на участках с интенсивным движением автомобилей строительство в разных уровнях пешеходных переходов и автомобильных дорог.

Ключевые слова: исследования, вредные вещества, концентрация, дорожная сеть, транспортный поток, перекресток, задержки, салон автобуса, двигатель, топливо, экология.

1 Содержание вредных веществ в воздухе на перекрестке дорожной сети города

Объем выбросов вредных веществ транспортом в единицу времени на участке магистрали зависит от количества вещества, выбрасываемого каждым автомобилем на единицу пути, и числом автомобилей, проходящих этот участок в единицу времени [1].

Рост интенсивности движения влияет не только на количественное увеличение источников выбросов, но одновременно приводит к изменению объема и токсичности выброса отдельным автомобилем из-за его взаимодействия с транспортным потоком (с составом транспортного потока) [2].

Токсическая характеристика транспортного потока зависит от однородности дорожного движения. При оценке воздействия транспортных потоков на окружающую среду для учета характеристик автомобилей рекомендуется их разделять на автомобили малой (м) и большой (б) мощности. Это позволит учесть параметры режимов движения автомобилей и удельную массу выбрасываемых вредных веществ.

Расчетная интенсивность движения определяется по результатам натурных обследований и состава транспортного потока на рассматриваемом направлении движения по автомагистрали.

Транспортные узлы и частота их расположения существенным образом сказывается на объеме и составе ОГ автомобилей.

Среднее значение пробегового выброса вредного вещества, например СО от одного автомобиля расчетного типа на участке маги-

страли, включающей в себя перегон и регулируемый перекресток рассчитывается [1]:

$$q^{co} = \{ \delta_{oi} \cdot L_n^{-1} [a_i \cdot v_i + b_i T_j (1 - \eta) + C_i] + d_i v_i^{-1} + l_i \} \prod R_i^{co}, \quad (1)$$

где δ_{oi} - доля остановленных автомобилей на данном подходе к перекрестку; a_i , b_i , c_i , d_i , e_i - постоянные коэффициенты, значения которых для расчетного легкового автомобиля соответственно равны: 0,171; 0,041; 68,0; -2,74; 9,65. Для расчетного грузового автомобиля: 0,656; 0,125; -604,8; -7,50; 49,0; v_i - средняя скорость установившегося движения на перегоне, км/ч; η - эффективная доля горения разрешающего сигнала; $\prod R_i^{co}$ - произведение поправочных коэффициентов, учитывающих влияние ряда факторов на изменение количества выделяемого СО автомобилем i -го типа.

Длину перегона принимают по паспорту магистрали или по генеральному плану города (района). Параметры светофорного регулирования задаются при обосновании систем управления дорожным движением, а характеристики транспортных потоков рассчитывают или определяют в ходе экспериментальных исследований.

Исследования характеристик транспортного потока проведены на загруженных перекрестках г.г. Барнаула и Рубцовска [2, 3]. Наблюдения проводились утром, в обед и вечером в течение 2-х недель.

Для снижения трудоемкости при натуральных обследованиях транспортного потока

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА И В САЛОНЕ АВТОБУСА

производилась видеосъемка перекрестков. Видеокамеру размещали таким образом, чтобы перекресток просматривался по всем направлениям не менее чем на 100м. Полученные значения усреднены и сведены в таблицы 1...2.

Преимущество данного метода обследования заключается в том, что кроме значительного снижения трудоемкости повышается точность обследования потоков, а значит и достоверность расчетов. Параметры транспортных потоков приведены в таблице 2.

Таблица 1– Характеристика транспортного потока

Параметры	Един. измерения	Точки проведения исследований			
		1	2	3	4
1. Интенсивность транспортного потока	авт/ч	935	578	861	624
2. Задержки транспортных средств	авт/ч	19	11	17	10

Таблица 2 - Параметры транспортных потоков на перекрестке

Параметры	Значения в исследуемых точках			
	1	2	3	4
$N_{л, авт/ч}$	521	211	526	271
$N_{г, авт/ч}$	130	53	135	68
$V_{л, км/ч}$	30	30	30	30
$V_{г, км/ч}$	25	25	25	25
$t_{эф, с}$	19	22	19	22
$T_{ц, с}$	77	77	77	77
$N_{л}^{ост, авт/ч}$	396	158	192	158
$N_{г}^{ост, авт/ч}$	99	40	48	40

На основании натурных исследований выполнен расчет вредных веществ, выделяемых транспортными потоками в атмосферный воздух (Таблица 3).

Таблица 3 – Выброс вредных веществ

Компоненты	Снижение интенсивности движения		
	0%	5%	10%
$Con CO, мг/м^3$	3,807	3,615	3,418
$Con C_nH_m, мг/м^3$	0,243	0,230	0,219
$Con NO_x, мг/м^3$	0,392	0,372	0,351

Результаты исследования свидетельствуют, что с ростом интенсивности движения увеличиваются задержки автомобилей на перекрестке и соответственно возрастают объем и концентрация вредных веществ в воздухе.

С целью уменьшения задержек и соответственно концентрации вредных веществ в воздухе предложено выполнить реконструк-

цию перекрестка. Основные мероприятия реконструкции включают строительство подземного пешеходного перехода и упорядочивание движения автомобилей на перекрестке [3]. Результаты расчета показали снижение концентрации вредных веществ в воздухе реконструированного перекрестка (Таблица 4).

Таблица 4 - Результаты расчета

Компоненты, $мг/м^3$	До реконструкции	После реконструкции
$Con CO$	3,807	3,785
$Con C_nH_m$	0,243	0,224
$Con NO_x$	0,392	0,363

2 Содержание вредных веществ в салоне автобуса

Общественным городским транспортом ежедневно пользуются значительное число пассажиров, которые отмечают чрезмерную загазованность воздуха салона автобуса вредными веществами. Тоже свидетельствуют и горожане, ожидающие автобуса на остановке и идущие вдоль дороги, так как в зону дыхания поступают вредные вещества от автобусов и других транспортных средств. Об этих фактах можно судить по цвету и густоте выхлопных газов, которые выпускают автомобили. Порой вызывает удивление, каким образом такой автотранспорт проходит технический осмотр?

С целью определения истинной картины наличия загрязняющих веществ в салоне автобуса проведены экспериментальные исследования. Исследованию подверглись тридцать автобусов с различным пробегом и степенью изношенности, которые условно разделены на «новый», «средней изношенности», и автобуса со значительным износом, с соответствующими пробегами 17320, 47920 и 82816 км [2].

Для каждого из автобусов проведены замеры вредных веществ в следующих режимах движения:

- автобус находился на открытой стоянке, при работающем двигателе и системе отопления салона, двери и окна закрыты, замеры производились при прогревом двигателя;

- автобус двигался по маршруту без пассажиров или с количеством пассажиров не более числа мест для сидения;

- автобус двигался по маршруту с полным салоном.

Замеры производились в местах пересечений трех групп плоскостей, образующих узловые точки (Рисунок 1):

- в четырех плоскостях поперечного сечения салона автобуса: А-А, Б-Б, В-В и Г-Г. Плоскости поперечного сечения расположены на одинаковом расстоянии друг от друга и делят салон на равные объемы;

- в трех плоскостях продольного сечения по высоте автобуса: I – «пол», II – «зона дыхания сидящих пассажиров», III – «зона дыхания стоящих пассажиров». Плоскость продольного сечения: «зона пола» расположена на уровне 200 мм над полом салона автобуса, плоскость «зона дыхания сидящих пассажиров» расположена на уровне 1000 мм над полом салона автобуса, плоскость «зона дыхания стоящих пассажиров» расположена на расстоянии 1600 мм от пола салона автобуса;

- в трех вертикально-продольных плоскостях относительно оси симметрии автобуса, две из которых отстоят от боковых стенок салона автобуса на 200 мм каждая, центральная плоскость проходит по оси симметрии автобуса.

Расположение, по приведенной схеме, точек замера в салоне автобуса позволяет в целом установить картину распределения зон превышения ПДК вредных веществ.

Для оценки содержания вредных веществ внимание акцентировалась на концентрации оксида углерода (СО) в салоне автобуса. При этом полученные данные приведены к нормальным условиям по выражению:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot P}{(273 + t) \cdot 760} = 0,359 \cdot \frac{P \cdot V_t}{273 + t}, \quad (2)$$

где V_t – объем измеренного количества газа, мл; t – температура в салоне автобуса, °С; P – давление в месте отбора пробы газа, мм.рт.ст.; 273 – показатель абсолютной температуры.

Приведенное содержание СО в объемных долях процента определяется по выражению:

$$X_{CO} = \frac{V_o \cdot C_{CO}}{V_t}, \quad (3)$$

где C_{CO} – содержание СО в объемных долях процента (данные замеров).

Подставляя значение приведенного к нормальным условиям объема газа V_0 , получим окончательно:

$$X_{CO} = 0,359 \cdot \frac{P \cdot C_{CO}}{273 + t}. \quad (4)$$

Предельно допустимая концентрация СО в атмосфере $ПДК_{CO\text{ атм}} = 3 \text{ мг/м}^3$. При-

ведем этот показатель к объемным долям процента (μ_{CO} – молярная масса СО):

$$ПДК = \frac{2,24}{\mu_{CO}} \cdot C_{CO} = 0,00024\%.$$

По результатам исследований построены графики распределения СО в салоне автобусов (рис. 2...4).

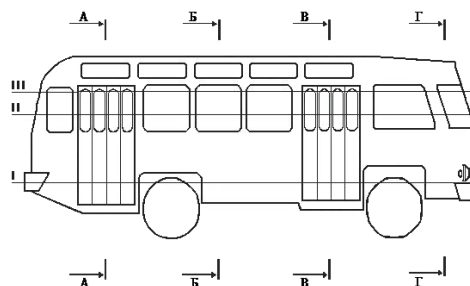


Рисунок 1 – Схема зон и сечений салона автобуса

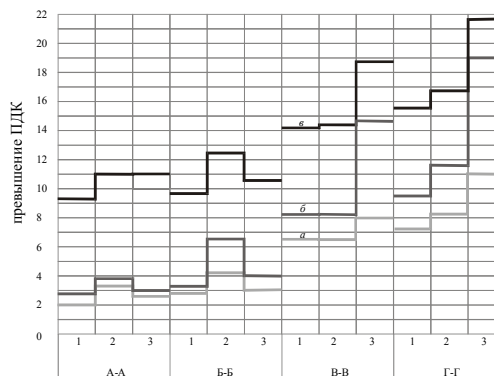


Рисунок 2 – График распределения окиси углерода автобуса, находящегося на открытой стоянке: а – «новый» автобус; б – автобус «средней изношенности»; в – «старый» автобус; 1 – зона дыхания стоящих пассажиров; 2 – зона дыхания сидящих пассажиров; 3 – зона пола; А-А, Б-Б, В-В, Г-Г – сечения автобуса по вертикали

В результате эксперимента установлено, что существует значительное превышение в салоне автобуса ПДК по СО. Особенно неблагоприятная обстановка при работе автобуса на маршруте с полным салоном, что является следствием его худшего проветривания. В то же время при частично заполненном пассажирами салоне большая его часть объема содержит концентрацию СО, значительно превышающую ПДК.

Основная причина этого – проникновение ОГ в салон через отверстия и щели в полу и стенах салона, неплотности в дверях и окнах. Даже при движении автобуса со значительной скоростью часть ОГ, вследствие завихрения, оказывается под корпусом автобуса. В дальнейшем ОГ проникают в салон, главным

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА И В САЛОНЕ АВТОБУСА

образом, через неплотности в районе задней площадки.

При совпадении направления ветрового потока воздуха и движения автобуса большая часть ОГ находится под корпусом автобуса и в последующем проникает в салон.

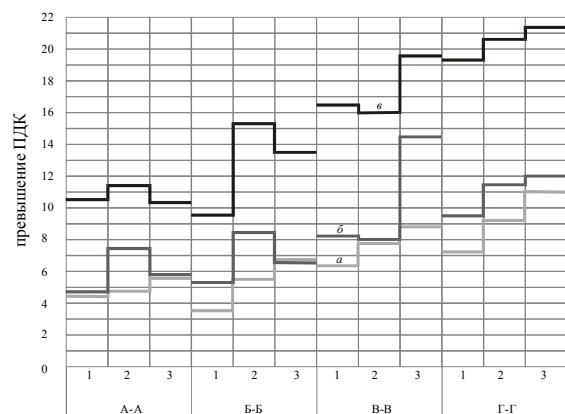


Рисунок 3 - График распределения окиси углерода при движении автобуса по маршруту с полупустым салоном: а — «новый» автобус; б — автобус «средней изношенности»; в — «старый» автобус; 1 — зона дыхания стоящих пассажиров; 2 — зона дыхания сидящих пассажиров; 3 — зона пола; А-А, Б-Б, В-В, Г-Г — сечения автобуса по вертикали

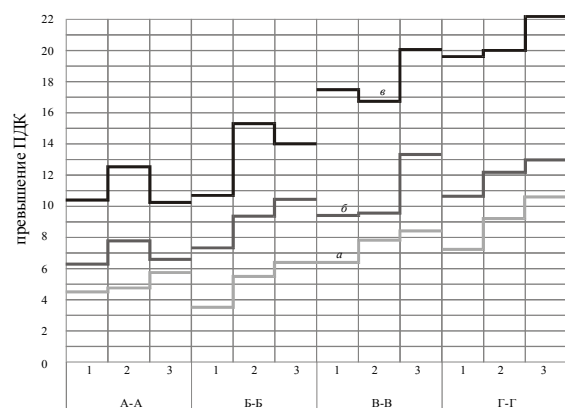


Рисунок 4 - График распределения окиси углерода при движении автобуса по маршруту с полным салоном: а — «новый» автобус; б — автобус «средней изношенности»; в — «старый» автобус; 1 — зона дыхания стоящих пассажиров; 2 — зона дыхания сидящих пассажиров; 3 — зона пола; А-А, Б-Б, В-В, Г-Г — сечения автобуса по вертикали

Следующей причиной повышенной концентрации СО в салоне является прогорание глушителя, труб и неплотности в соединениях выхлопной системы. В этом случае ОГ поступают непосредственно под корпус и через неплотности в салон автобуса, при этом сопутствующим условием проникновения ОГ в салон является его разгерметизация /5/.

Выводы

1. Совершенствование организации дорожного движения на перекрестках, разделение транспортных и пешеходных потоков по уровням движения путем строительства подземных переходов позволит уменьшить выброс вредных веществ от автомобилей.
2. Снижение концентрации вредных веществ в салоне достигается устранением технических неисправностей автобуса.
3. Создание избыточного давления и улучшение герметизации салона существенным образом уменьшает содержание вредных веществ.
4. Перевод автобусов на газовое топливо позволит существенно снизить содержание вредных веществ в выхлопе их двигателей в несколько раз (концентрацию СО вдвое). Автомобиль на газовом топливе с правильно отрегулированной газотопливной системой удовлетворяет нормам Евро 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков А.Б. Экологическая безопасность транспортных потоков / А.Б. Дьяков, Ю.В. Игнатьев, Е.П. Коншин и др.; Под ред. А.Б. Дьякова. — М.: Транспорт, 1989.
2. Шапошников Ю.А. Повышение экологической безопасности дорожно-транспортных средств (статья) / Ю.А. Шапошников // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибДИ) (выпуск 2), Омск 2005 г. — С. 123-131.
3. Чернецкая Н.А. Проблемы транспортно-дорожной сети г. Рубцовска / Чернецкая Н.А., Плошаднов К.В., Шапошников Ю.А. // Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-технической конференции «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы» 23-24 ноября 2012 г. — Рубцовск, 2012 — С. 183-186.
4. Шапошников Ю.А. Обоснование альтернативных направлений повышения экологической безопасности автотранспортных средств (статья) / Ю.А. Шапошников, В.М. Ложкин // Научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров». — 2005.- № 1(2), СПб. — С. 72-82.
5. Шапошников Ю.А. Применение альтернативного топлива на автотранспорте (статья) / Ю.А. Шапошников // Повышение экологической безопасности автотранспортной техники: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, академика РАТ А.Л. Новоселова / Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. — 136 с.

Шапошников Ю.А., д.т.н., проф.

Чернецкая Н.А., докторант

e-mail: friris@mail.ru

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул