

Ерохов В.И.

Московский государственный технический университет «МАМИ»,

Бондаренко Е.В.

Декан транспортного факультета ОГУ, кандидат технических наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫБРОС ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И РАСХОД ТОПЛИВА АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Дорожные факторы оказывают заметное влияние на формирование режимов работы современных автотранспортных средств (АТС), предопределяющих экологическую и топливно-экономическую эффективность транспортного процесса. Многие теоретические и методологические аспекты АТС остаются неизученными АТС в реальных условиях эксплуатации.

МГТУ «МАМИ» и «ОГУ» проведен комплекс работ, связанных с оценкой влияния дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива в реальных условиях эксплуатации.

Объектом исследований являлись рабочие процессы АТС (режимы работы, расход топлива, выброс вредных веществ и др.), а предметом исследований – подвижной состав (автобусы, грузовые и легковые автомобили с бензиновыми и дизельными двигателями, работающие на традиционных и альтернативных топливах).

Для исследования режимов работы АТС на базе упомянутых автомобилей и автобусов разработаны ходовые лаборатории, оборудованные необходимой контрольно-измерительной аппаратурой и приборами для регистрации расхода топлива, режимов работы двигателя, скорости движения автомобиля и выброса им вредных веществ, а также других параметров работы автомобиля на линии.

В соответствии с проведенным анализом данной проблемы и поставленной целью исследования в данной работе сформулированы следующие задачи: разработать метод классификации сложности автобусных маршрутов; разработать математические модели показателя сложности городского автобусного маршрута, позволяющего количественно оценить условия работы подвижного состава на маршруте; проверить разработанные модели на примере расхода топлива и выброса вредных веществ; разработать инструментальный метод оценки сложности автобусных маршрутов и определить сложность типичных маршрутов движения, разработать метод обоснования представительности дорожного маршрута, а также оценить экономическую эффективность от внедрения маршрутного нормирования расхода топлива.

Расход топлива и выброс вредных веществ на конкретном маршруте движения транспортного средства определяется набором значительного количества различных факторов, характеризующих маршрут движения. Учет одновременно действующих этих факторов позволяет установить истинную величину расхода топлива и выброса вредных веществ на маршруте. В условиях ресурсных, материальных и финансовых ограничений решение подобной задачи практически невозможно или является нерациональным. Выбор наиболее информативных и значимых факторов представляет актуальную задачу.

Теоретический анализ данной проблемы позволил выбрать факторы, оказывающих наибольшее влияние на расход топлива и выброс вредных веществ: конструкция подвижного состава; техническое его состояние; качество топлива; дорожные и транспортные условия; квалификация водителя.

Непрерывное повышение интенсивности движения автотранспортных средств способствует заметному увеличению загрязнения атмосферы крупных городов и промышленных центров. Основные мероприятия по снижению загрязнения воздушной среды связаны с совершенствованием автотранспортного процесса и созданием промышленных систем поддержания технического состояния автотранспортных средств.

Структура и основное содержание концепции алгоритма управления качеством атмосферного воздуха в условиях автомобильных и автобусных перевозок приведены табл 1.

В соответствии с поставленными задачами в данной работе учитывали дорожные условия (состояние дорожного покрытия; продольный профиль и поперечный профиль в плане).

Дорожно-уличная сеть является наиболее важным структурным элементом транспортных коммуникаций страны. Выброс вредных веществ в реальных условиях эксплуатации может быть представлен как случайная функция скорости, уклонов и состояния дорожного покрытия, интенсивности и плотности движения, частоты и продолжительности остановок, количества и продолжительности циклов разгона и замедления.

Таблица 1. Структура и содержание концепции



В условиях интенсивного движения автотранспорта дорожные факторы являются существенными ограничениями, накладываемыми на создание оптимальной транспортной системы.

Сложность маршрута оказывает важное влияние на выброс вредных веществ и расход топлива. Предложенный аналитический метод определения сложности маршрута позволяет учитывать параметры автомобильной дороги и АТС. Общее уравнение сложности маршрута движения автобуса может быть представлено уравнением

$$K_{cm} = \alpha \cdot K_{изв} + \gamma \cdot K_{нап} + i \cdot K_{нд} + f \cdot K_{ск} + g \cdot K_{нд} + \beta \cdot K_{пн} \quad (1)$$

Комплексный показатель сложности маршрута движения автотранспортного средства может быть представлен в виде

$$K_{cm} = \alpha \cdot K_{изв} \cdot X_1 + \gamma \cdot K_{нап} \cdot X_2 + i \cdot K_{нд} \cdot X_3 + f \cdot K_{ск} \cdot X_4 + g \cdot K_{нд} \cdot X_5 + \beta \cdot K_{пн} \cdot X_6 \quad (2)$$

где K_{cm} – коэффициент сложности маршрута; α – показатель извилистости маршрута (количество поворотов на маршруте за оборотный рейс, ед/рейс); γ – средний удельный коэффициент наполняемости автобуса; i – подъемы, %; f – сопротивление качению; β – помехонасыщенность маршрута (удельное количество всех выполненных остановок) за оборотный рейс); g – неравномерность движения; $X_1 \dots X_6$ – определяющие факторы, характерные для дорожных, транспортных и технологических условий на пассажирском маршруте

Классификация и характер маршрутов дорожно-уличной сети городского движения с интенсив-

ным движением в зависимости от коэффициента сложности маршрута приведены в табл. 2.

В соответствии с разработанным критерием сложности маршрута автобусные перевозки могут быть представлены 6 группами маршрутов сложности: 1-0...0,10; 2-0,10...0,25; 3-0,25...0,40; 4-0,40...0,70; 5-0,70...0,80; 6-0,80...1,0

При работе карбюраторного двигателя на холостом ходу в ОГ содержатся преимущественно продукты неполного сгорания СО и СН. Количество окислов азота достигает максимального значения на режимах полных нагрузок. Дымность ОГ достигает максимума на режимах разгона.

Состояния дорожного покрытия и профиль дороги оказывают существенное влияние на выброс вредных веществ и расход топлива. Влияние продольного профиля на расход топлива на маршруте следует устанавливать отдельно при движении по кольцевым и маятниковым маршрутам (прохождение автобуса в обратном направлении).

Профиль дороги в плане характеризуется извилистостью маршрута, т. е. количеством поворотов на единицу протяженности маршрута. Его влияние существенно на условия движения автобуса на маршруте и прежде всего на скоростные характеристики АТС. Большинство поворотов на маршруте в городских условиях расположено как на регулируемых, так и нерегулируемых перекрестках.

Теоретической предпосылкой решения данной проблемы является моделирование макропрофиля автомобильной дороги. В основу разработанного метода положен аппарат теории Марковских процессов. Различным вопросам моделирования параметров автомобильной дороги посвящен ряд работ [1, 2, 3]. Для характеристики отдельных маршрутов движения АТС и типовых ситуаций дорожных условий следует использовать функции распределения относительной протяженности дорог с продольными уклонами равной величины.

Таблица 2. Характер маршрутов I движения транспортных средств

NN п/п	Весомость коэффициента сложности маршрута	Характер маршрута		Увеличение параметров, %		Интервалы группы маршрута
		Индекс маршрута	Параметр маршрута	Расход топлива	Выброс ВВ	
1	0,10	α	Извилистость	15	20	0-0,10
2	0,15	γ	Наполняемость грузоподъемность	20	30	0,10-0,25
3	0,15	i	Подъемы	22	30	0,25-0,40
4	0,18	f	Сопротивление качению	23	36	0,40-0,70
5	0,20	G	Неравномерность Движения	26	40	0,70-0,80
6	0,22	β	Помехонасыщенность	30	44	0,80-1,0

Исследование продольного профиля дороги проведено с помощью корреляционного анализа, а в работах [2, 4] дана оценка профиля дороги по спектральной его плотности.

Точность разрабатываемых моделей может быть проведена путем имитации конструктивных и эксплуатационных параметров автомобильной дороги. В этом случае необходима оценка вероятностей перехода параметров дороги от одних значений к адекватным [4].

Методологическую основу имитационной модели режимов движения АТС представляет конкретный представительный маршрут адекватный реальным условиям эксплуатации [7]. Способ получения расчетно-аналитической модели режимов движения основан на методе статистических испытаний (Монте-Карло), т. е. генерирования случайных величин уклонов из числа выбранных законов распределения случайной величины. При этом можно получить множество случайных маршрутов с одним и тем же статистическим распределением.

Рассмотрим параметры дорожной сети с помощью упрощенного примера на рис. 1 а, б, в. Представительство (статистический вес) уклонов в приведенных макропрофилях всех вариантов (рис. 1 а, б, в) одинаков и составляет $i_1=75\%$, $i_2=25\%$. Однако с точки зрения формирования скоростных и нагрузочных режимов АТС приведенные варианты различны. Число точек перегиба макропрофиля и соответственно этому число переходных режимов двигателя при прохождении автомобилем участка данной длины будет различным. В связи с этим будут различными и такие эксплуатационные показатели как путевой расход топлива, выброс вредных веществ, средняя скорость движения, а также среднее время прохождения выделенного участка. При статистической однородности маршрутов (для случая моделирования вероятностными распределениями) результаты могут быть существенно различными, что свидетельствует о несостоятельности привлеченного способа моделирования

Упрощенная расчетная схема продольного макропрофиля автомобильной дороги приведено на рис. 2. При моделировании реальной дороги состояние марковской цепи соответствовало различным сочетаниям интервалов параметров макропрофиля

Применение методов и аппарата теории Марковских процессов в настоящее время крайне ограничено. Определенное применение они

получили для оценки и прогнозирования надежности АТС [5, 6], оценки макропрофиля дороги [7] и охраны труда. Моделирование марковской цепи осуществлялось на основании простой однородной схемы. Уравнение однородной Марковской цепи имеет следующий вид.

$$P^T(k) = P^T(k-1) * m \quad (3)$$

где $P^T(k) = [P_1, P_2, P_3, P_n]$ – вектор-строка абсолютных вероятностей нахождения процесса в состоянии 1, 2, 3, ..., n на k-том шаге; $P^T(k-1) = [P_1^{k-1}, P_2^{k-1}, P_3^{k-1}, P_n^{k-1}]$ – вектор-строка вероятностей на k-1 шаге; m – матрица вероятностей перехода.

Учитывая отсутствие необходимой информации о параметрах макропрофиля автомобильной дороги и базируясь на уравнении (1), эту зависимость можно рассматривать в виде однородных Марковских цепей.

Макропрофиль моделируемой автомобильной дороги представлен двумя параметрами (рис. 1). Исследуя матрицу, можно получить вероятностные модели макропрофиля автомобильной дороги в зависимости от двух параметров.

Рассчитывают основные дорожные факторы, характеризующие различные условия эксплуатации и влияющие на статистические характеристики скоростных режимов движения.

В крупных городах нашей страны на транспортных магистралях ежедневно находится от 125 до 125 тыс. автомобилей. Интенсивность дорожного движения на напряженных магистралях городов достигает 30-50 тыс. авт/сут и

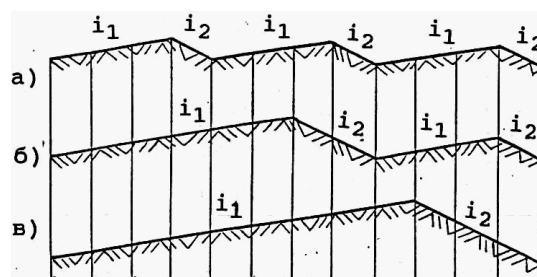


Рисунок 1. Характерные маршруты с одинаковым разделением уклонов дороги: а, б, в – варианты макропрофиля дороги с уклонами $i=75\%$ и $i=25\%$

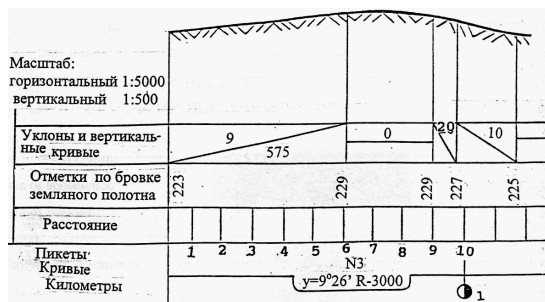


Рисунок 2. Схема продольного профиля дороги

имеет тенденцию к некоторому повышению. Значительный резерв улучшения экологической эффективности транспортного процесса связан с совершенствованием системы организации дорожного движения и конструктивных параметров автомобильных дорог.

Изучение режимов движения автомобилей в крупных городах показало, что представительство нетяговых режимов в общем балансе времени пребывания автомобиля на линии достаточно велико. Продолжительность работы автомобиля на активном холостом ходу и на режимах принудительного холостого хода составляет около 40%. Неустановившиеся режимы (включая и принудительный холостой ход) занимают 67% общего баланса времени. Приведенные данные подтверждают необходимость совершенствования организации дорожного движения в крупных городах.

Основная масса ОГ выбрасывается при работе двигателя на режимах разгона и при движении автомобиля с установившейся скоростью. Общий выброс вредных веществ на этих режимах по окислам азота и окиси углерода составляет 85% от суммарного выброса вредных веществ за весь испытательный цикл. Дымность ОГ составляет 90%. На режимах торможения автомобиля выброс окислов азота практически отсутствует, так как температура рабочего цикла недостаточна для интенсивного их образования.

Между концентрацией СО в атмосфере и интенсивностью движения транспортных средств существует корреляционная связь. Для ее определения целесообразно использовать зависимость выброса токсичных веществ отдельным автомобилем при движении его в транспортном потоке от средней скорости на участке между двумя перекрестками.

Повышение эффективности автомобильного движения с 400 до 1200 авт/ч на автомобильных магистралях увеличивает содержание СО в атмосфере с 0,00056 до 0,0017%, т. е. практически в 3 раза.

Максимальная концентрация СО в атмосфере крупных городов в рабочие дни отмечается дважды в утреннее и вечернее время, а в выходные и праздничные дни только вечером, что в некотором отношении соответствует интенсивности транспортных потоков в указанные часы суток.

Снижению токсичности ОГ в центральной части крупных городов способствует рациональная организация транспортного процесса, предусматривающая полное запрещение или

хотя бы частичное ограничение въезда грузовых автомобилей в эту часть города, как например, в г. Москве.

Правильное планирование и регулирование городского движения обеспечивает сокращение числа и продолжительности остановок автомобилей, уменьшает продолжительность их работы на токсичных режимах, а также устраняет скопление транспортных средств на перекрестках. Резервом эффективного снижения загрязнения атмосферы является обеспечение оптимального движения всего транспортного потока, регулирование продолжительности остановок автомобиля и скорости его движения на отдельных перегонах.

Анализ проблемы позволил выбрать факторы, оказывающих наибольшее влияние на расход топлива: конструкция подвижного состава; техническое состояние; качество топлива; дорожные условия; условия движения; транспортные условия; квалификация водителя.

В соответствии с поставленными задачами в данной работе учитывали дорожные условия (состояние дорожного покрытия; продольный профиль и профиль в плане).

Состояния дорожного покрытия и профиль дороги оказывают существенное влияние на выброс вредных веществ и расход топлива. Влияние продольного профиля на расход топлива на маршруте следует устанавливать отдельно при движении по кольцевым и маятниковым маршрутам (прохождение автобуса в обратном направлении).

Влияние сопротивления ДД (качению и преодолению подъемов) и аэродинамического сопротивления на расход топлива в зависимости от категории автомобильных дорог приведено в табл. 3.

На горизонтальных автомагистралях при движении без помех сопротивление ДД практически состоит из сопротивления качению и воздушной среды. На тяжелых дорогах с подъе-

Таблица 3. Топливный баланс автомобиля в зависимости от сопротивления ДД

Тип (категория) автомобильной дороги	Доля топлива на преодоление движения, %		
	Аэродинамическое сопротивление	сопротивление качению	преодоление подъемов
Горизонтальная дорога (уклоны до 0,5 %)	37,0	62,0	1,0
Пересеченная местность, небольшие спуски и подъемы (уклоны до 4-5 %)	18,0	40,0	42,0
Холмистая, пересеченная местность (уклоны до 5-7 %)	8,0	44,0	48,0
Тяжелые дороги с подъемами и спусками (сложные маршруты, уклоны до 8-12 %)	3,0	26,0	71,0

мами и спусками преобладает сопротивление на преодоление подъемов и инерционных сил при ускорении. Сопротивление качению на автомобильных дорогах I–II категории в 1,9–4,0 раза превышает аэродинамическое сопротивление. Для автомобиля средней грузоподъемности при скорости движения равной 65 км/ч на дорогах I–II категории сопротивление качению в 2 раза меньше аэродинамического сопротивления.

Изменение сопротивления качению в пределах одной и той же категории автомобильной дороги достигает 30–40%. Последнее приводит к увеличению расхода топлива на 6–20% и одновременно выбросу вредных веществ на 60–80%. На расстоянии 30 м от магистрали загрязнение составляет 15% от общего уровня загрязнения окружающей среды, т. е. величина загрязнения снижается в 6,2 раза.

Улучшение аэродинамических характеристик подвижного состава и особенно автопоездов на магистралях обеспечивает снижение расхода топлива на 3–4% и выброс вредных веществ на 12–16%.

На тяжелых автомобильных дорогах, при прочих равных условиях, расход топлива зависит в значительной степени от индивидуального мастерства водителя. Экономичное управление автомобилем (рациональный разгон, переключение передач, выбор и прогнозирование изменения скорости, сокращение частоты и интенсивности торможения) обеспечивает снижение расхода топлива и выброс вредных веществ до 20–22%.

На участках с продольным уклоном профиля выброс ОГ заметно увеличивается. Для автомобилей с бензиновыми двигателями выброс ОГ составит 1...0,7%, а для дизельных 1...0,5%. Суммарная токсичность автомобиля в зависимости от скорости движения и уклонов дороги возрастает.

Совокупные действия факторов помехонасыщенность, извилистость маршрута, наполняемость салона автобуса на 69–90% определяет показатель сложности автобусного маршрута. При прочих равных случаях уровень помехонасыщенности маршрута оказывает в 3,5 раза больше воздействия на изменение показателя сложности маршрута, чем его извилистость. Наличие средств регулирования на перегоне длиной 1 км неизбежно увеличивает выброс токсичных веществ с ОГ (табл. 4).

Задержка транспортных потоков в центральной части г. Москвы составляет 101 с/км, а

Таблица 4. Влияние режима дорожного движения на выброс токсичных веществ легкового автомобилем среднего класса с карбюраторным двигателем

Режим дорожного движения	Выброс токсичных веществ, г/км		
	CO	C _m H _n	NO _x
Безостановочное движение на перегоне	14,6	1,02	0,87
Движение на перегоне при наличии: средств регулирования (светофор)	15,7	1,20	0,85
одного перекрестка	17,7	1,22	0,84
двух перекрестков	19,4	1,50	0,83

Таблица 5. Выброс токсичных веществ автомобилем среднего класса»

Параметр автомобиля	Выброс токсичных веществ, г/км		
	CO	CH	NO _x
Автомобиль только с водителем	24,0	1,60	2,0
То же, с 1 пассажиром	25,2	1,66	2,06
То же, с 4 пассажирами	28,30	1,76	2,46
Выброс токсичных веществ на 1 пассажира	1,08	0,04	0,06

по всей городской сети 44 с/км. Задержка на МКАД составляет 11 с/км, а по всей городской сети (без МКАД) составляет 50 с/км.

Для решения проблемы рациональной организации движения, в том числе безостановочного движения автомобилей, предусматривают строительство пешеходных переходов и туннелей.

При неоптимальной организации перевозок народнохозяйственных грузов и пассажиров удельный выброс вредных веществ на единицу транспортной работы или перевозку пассажира существенно увеличивается. Выброс токсичных веществ автомобилем среднего класса при выполнении различного объема транспортной работы представлен в табл. 5.

Из данных таблицы видно, что выброс токсичных веществ, а следовательно, и энергетические затраты связаны главным образом с перемещением собственной массы автомобиля. Выброс токсичных веществ на перевозку одного пассажира по сравнению с массой автомобиля меньше по CO в 24 раза, C_mH_n в 40 и NO_x в 31 раз. Поэтому снижение материалоемкости транспортных средств является одним из значительных резервов снижения загрязнения атмосферы. Именно по этому пути совершенствуют конструкции современных автомобилей ведущие зарубежные фирмы, а некоторые из них уже уменьшили массу автомобилей до 20%. Другим резервом является совмещение многоцелевых поездок в легковых автомобилях.

Величина среднего количества людей в транспортных средствах, включая водителя, составляет 1,9 чел. Величина средней загрузки грузовых транспортных средств при движении их в потоке составляет 38%.

Условия движения, характеризующихся насыщенностью технологических и случайных

остановок, сводятся к следующему. Насыщенность маршрута технологическими и случайными остановками оказывает заметное влияние на формирование режимов работы и расход топлива. Он характеризует удельное количество на а-ом маршруте технологических $n_{та}$ (для посадки и высадки пассажиров) и случайных $n_{са}$ (регулируемые и нерегулируемые перекрестки) остановок, а также их удельную продолжительность по времени (на единицу протяженности маршрута) $t_{тj}$ и $t_{са}$ соответственно.

$$n_{та(са)} = n_{та(са)}^a / L_{ма} \text{ (ед/км)}; t_{та(са)} = \sum_{i=1}^n t_{та(са)ia} / n_{о(са)}^a / L_{ма} \text{ (с/км)} \quad (4)$$

где $n_{та}^a$, $n_{са}^a$ – количество технологических и случайных (светофоры, перекрестки) остановок соответственно на а-м маршруте, ед.; $t_{тj}$ – время, затрачиваемое на технологическую остановку на i-м перегоне а-го маршрута, с;

$t_{са}$ – время, затрачиваемое на простой на светофорах, перекрестках i-го перегона а-го маршрута (время случайных остановок), с; $L_{ма}$ – протяженность маршрута, км.

Скорость движения на маршруте является одним из важнейших факторов, который характеризует расход топлива на маршруте. Для оценки скоростного режима движения автобусов на маршруте используются два показателя: техническая скорость $V_{т}$, эксплуатационная скорость $V_{э}$.

Техническая скорость существенно формируется под влиянием интенсивности и плотности транспортного потока ($V_{т}$ является их косвенной характеристикой), непосредственное измерение которых является трудоемкой задачей для маршрутной сети автобусного парка.

Техническая скорость на а-м маршруте (км/ч) определяется:

$$V_{т} = L_{ма} / \sum_{i=1}^n t_{тдвiа} \quad (5)$$

$t_{тдвiа}$ – время движения с учетом времени остановок на светофорах, перекрестках, заторах и т. д. остановок на i-м перегоне а-го маршрута, ч;

Эксплуатационная скорость также формируется под влиянием интенсивности и плотности транспортного потока, но в отличие от технической скорости, охватывает не только время «чистого» движения на маршруте, но и время, затрачиваемое на технологические остановки, светофоры, перекрестки и простой на промежуточной конечной станции. Вследствие этого эксплуатационная скорость является комплексным показателем, характеризующим состояние транспортного потока и технологические

функции на маршруте, и поэтому в паспорте каждого а-го маршрута указывается значение эксплуатационной скорости $V_{эа}$ (км/ч).

$$V_{эа} = L_{ма} / t_{оба} \quad (6)$$

$t_{оба}$ – время оборотного рейса на а-м маршруте, ч

$$t_{оба} = \sum_{i=1}^n t_{обiа} = \sum_{i=1}^n t_{двiа} + \sum_{i=1}^n t_{тiа} \quad (7)$$

где $t_{обiа}$ – общее время движения на i-м перегоне а-го маршрута, ч.

Средняя длина маршрутов движения по г. Москве составляет 17,5 км, а среднее время поездки 31,4 мин.

Доля маршрутов, проходящих через центральную часть города (включая «Садовое кольцо») составляет 15%. Относительная интенсивность использования в 1,35 раза выше остальных элементов основной сети. Средняя скорость движения транспортных потоков по МКАД составляет 61 км/ч. при средней скорости по всей системе 33,2 км/ч.

Влияние скорости движения в потоке на выброс ВВ показано на рис. 3.

Загрузка салона автобуса по перегонам маршрута является фактором транспортных условий эксплуатации, учитывающим наполняемость салона при движении на маршруте, и его учет также необходим при маршрутном нормировании расхода топлива. В качестве показателя загрузки салона автобуса а-го маршрута выступает удельный коэффициент наполнения γ_j (ед/км)

$$\gamma_j = G_{фа} / G_{н} L_{ма} \quad (8)$$

где $G_{н}$ – номинальная (по паспорту) загрузка салона автобуса, чел; $G_{фа}$ – фактическая средняя загрузка салона автобуса на а-м маршруте, чел.

$$G_{фа} = \sum_{i=1}^n g_{iа} / n \quad (9)$$

$g_{iа}$ – загрузка салона автобуса на i-м перегоне а-го маршрута, чел.

Таким образом, необходимо установить зависимость расхода топлива газодизельными автобусами на маршруте от воздействия следу-

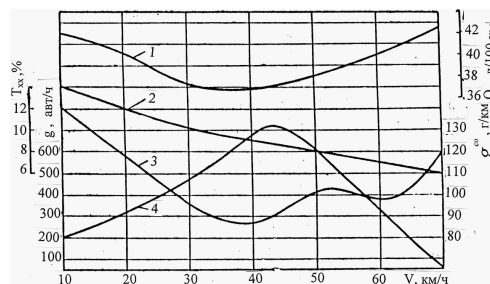


Рисунок 3. Изменение расхода топлива, токсичности ОГ и интенсивности дорожного движения в зависимости от скорости движения автомобиля в транспортном потоке:

1 – Q_T , л/100км; 2 – $T_{хх}$, %; 3 – g_{Σ}^{CO} , г/км; 4 – g , авт/ч

ющих факторов, характеризующих каждый маршрут движения:

X_1 – удельное количество технологических остановок (n_{τ}), ед./км;

X_2 – удельное количество случайных остановок (n_c), ед./км;

X_3 – удельная продолжительность технологических остановок ($t_{то}$), с/км;

X_4 – удельная продолжительность случайных остановок ($t_{сп}$), с/км;

X_5 – эксплуатационная скорость (V_{τ}) или техническая скорость (V_{τ}), км/ч;

X_6 – удельный коэффициент наполнения салона автобуса (γ), ед./км.

На основе приведенных моделей определяют среднюю техническую скорость и среднее квадратическое отклонение скоростей движения автобусов в свободных условиях для разных условий эксплуатации.

На практике основные характеристики транспортных потоков оценивают на междугородном маршруте

$$\sum_{i=1}^m [g] = [(v - v_1) / T] N \quad (10)$$

где v – средняя скорость, км/час; v_1 – текущая величина скорости движения, км/час; T – продолжительность транспортного процесса, ч; N – количество (частота) изменения направления скорости (ускорение, замедление).

В целом средняя величина ускорения не в полной мере позволяет объективно судить о степени неравномерности ДД. Особенностью введенного показателя является учет всех возможных изменений направлений ускорений (разгон или замедление). По мере суммарной неравномерности расход топлива заметно увеличивается.

Влияние неравномерности ДД показано на рисунке 4.

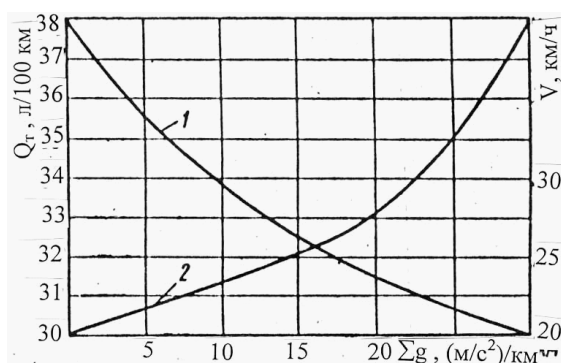


Рисунок 4. Влияние неравномерности дорожного движения на расход топлива:
1 – V , км/ч; 2 – Q_t , л/100 км

Неравномерность ДД оценивали по величине суммарных ускорений на перегоне, магистрали и по городу в целом.

Особенностью введенного критерия является учет всех возможных изменений направлений ускорения или замедления. Средняя величина ускорения на отдельном участке не в полной мере позволяет судить о степени неравномерности дорожного движения.

На эксплуатационные характеристики транспортного потока заметное влияние оказывает наличие автомобилей различных моделей (неоднородность потока) на магистрали, характер местности и условий дорожного движения.

Построение математических моделей, описывающих изучаемые явления, может быть осуществлено с использованием математического аппарата корреляционно-регрессионного анализа, базирующегося на методе наименьших квадратов. Вследствие этого в качестве целевой функции показателей расхода топлива газодизельными автобусами на маршруте принимается математическая модель общего вида

$$Q_{\text{дт}} = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad (11)$$

$$O_{\text{бсн}} = f(X_1, X_2, \dots, X_{11}, \dots, X_n) \quad (12)$$

Коэффициент экологической эффективности пассажирских перевозок на выбранном маршруте может быть представлен в виде формализованного выражения

$$K_{\text{ээ}} = p_{\text{вв}} F_{\text{вв}} + p_{\text{ш}} F_{\text{ш}} + p_{\text{в}} F_{\text{в}} + p_{\text{изл}} F_{\text{изл}} \quad (13)$$

где $p_{\text{вв}}$, $p_{\text{ш}}$, $p_{\text{в}}$, $p_{\text{изл}}$ – весовые коэффициенты различных экологических факторов (выброс вредных веществ, шум, вибрации, излучения); $F_{\text{вв}}$, $F_{\text{ш}}$, $F_{\text{в}}$, $F_{\text{изл}}$ – соответствующий экологический фактор.

В зависимости от выбранного показателя эффективности весовые коэффициенты факторов изменяются в пределах от 0,10 до 0,40. Полученное выражение представляет собой новую научную методологию оценки и совершенствования экологических параметров АТС по наиболее важным критериям эффективности.

Косвенное влияние работы АТС связано с тем, что для осуществления транспортного процесса пассажиров и размещения транспортных коммуникаций, пассажирские транспортные средства все в большем и ежегодно возрастающем масштабе занимают необходимое и жизненно важное для человека пространство.

В данной работе предложен метод оценки суммарной токсичности отработавших газов, позволяющий наиболее полно учитывать усло-

ный суммарный параметр токсичности отработавших газов АТС с различными типами двигателей по отношению к окиси углерода. Оценочный параметр выбран по условному базовому параметру выброса вредных веществ (СО), среднесуточное ПДК, величина которого постоянна и равна 1 мг/м³. Сравнивая эту величину с санитарными нормами можно составить уравнение

$$\bullet T_{\text{вв}} = g_{\text{CO}} \cdot \text{CO} + g_{\text{CH}} \cdot \text{CH} + g_{\text{NO}} \cdot \text{NO} + g_{\text{C}} \cdot \text{C} + g_{\text{Pb}} \cdot \text{Pb} + g_{\text{SO}} \cdot \text{SO} + g_{\text{R}} \cdot \text{R} + g_{\text{Бп}} \cdot \text{Бп} \quad (14)$$

где: Бп – бензапирен

Для расчетов принимаем соотношение различных компонентов

$$\bullet T_{\text{вв}} = 0,33 \cdot \text{CO} + 0,67 \cdot C_{\text{м}} H_{\text{п}} + 25 \cdot \text{NO}_x + 20 \cdot \text{C} + 3333 \cdot \text{Pb} + 20 \cdot \text{SO}_x + 333 \cdot \text{R} + 1 \cdot 10^{-8} \cdot \text{Бп} \quad (15)$$

Суммарный индекс токсичности отработавших газов позволяет объективно оценить экологическую эффективность пассажирских перевозок с различными контролируемыми параметрами автобусов. Для конкретного междугородного маршрута на основе анализа проектов дорог, по которым проходит данный маршрут» определяют основные условия эксплуатации (равнинные, холмистые, горные) и протяженность маршрута в них.

При необходимости установления индивидуальных норм для каждого маршрута можно воспользоваться одним из двух следующих механизмов разработки: по верхней предупреждающей границе распределения расхода топлива

Для определения норматива, используя верхнюю границу распределения расхода топлива на рассматриваемом j-м маршруте, целесообразно использовать стоимостной критерий, являющийся отношением величины затрат на обеспечение норматива и задаваемой вероятности.

Величины приращений полученных с применением 2-х выше рассмотренных механизмов нормативов расхода i-го вида топлива над величиной расхода топлива O_T на рассматриваемом маршруте определяются

Себестоимость пассажирских автобусных перевозок может быть представлена зависимостью

$$C_{\text{пп}} = C_{\text{зодс}} + C_{\text{зт}} + C_{\text{см}} + C_{\text{тонтр}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{ам}} + Y + C_{\text{нр}} \quad (16)$$

где $C_{\text{пп}}$ – себестоимость пассажирских перевозок; $C_{\text{зодс}}$ – основная, дополнительная, зарплата водителей и отчисления на их социальное страхование; $C_{\text{зт}}$ – затраты на автомобильное топливо; $C_{\text{см}}$ – затраты на смазочные материалы; $C_{\text{ш}}$

затраты на восстановление и ремонт изношенных шин; $C_{\text{тонтр}}$ – затраты на Т и ТР автобусов; $C_{\text{ам}}$ – амортизация подвижного состава; Y – величина ущерба возмещаемого предприятием от загрязнений, поступающих в окружающую среду с отработавшими газами; $C_{\text{нр}}$ – накладные расходы.

Себестоимость пассажирских автобусных перевозок может быть представлена зависимостью

$$C_{\text{пп}} = C_{\text{зодс}} \cdot K_{\text{в}} + C_{\text{зт}} \cdot K_{\text{т}} + C_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} + C_{\text{тонтр}} \cdot K_{\text{то}} + C_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} + C_{\text{ам}} \cdot K_{\text{а}} + Y \cdot K_{\text{з}} \quad (17)$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент сложности маршрута, отражающий тяжесть труда водителя; $K_{\text{т}}$ – сложность маршрута с точки зрения ТЭР; $K_{\text{см}}$ – сложность маршрута с точки зрения расхода смазочных материалов; $K_{\text{то}}$ – коэффициент сложности маршрута с позиции надежности агрегатов и узлов автобуса; $K_{\text{ш}}$ – коэффициент сложности j-того маршрута с точки зрения увеличения ресурса шин; $K_{\text{а}}$ – коэффициент сложности маршрута с позиции величины амортизационных отчислений; $K_{\text{з}}$ – коэффициент сложности маршрута с точки зрения максимального выброса вредных веществ.

Рациональная организация пассажирских перевозок по критерию экологической эффективности. Маршрутная сеть пассажирских перевозок включает $M_{\text{пп}}$ включает набор маршрутов ($M_1, M_2, \dots, M_n$).

На маршруте находятся «а» средств с определенными функциональными и экологическими параметрами: P_a – вместимость автобуса; T_{ia} – выброс вредных веществ на i-том маршруте ($i=1, n$; $a=1, m$). Необходимый объем пассажирских перевозок $N_{\text{пп}}$ на i-том маршруте маршрутной сети $M_{\text{пп}}$.

Введем обозначения для модели: X_{ina} , представляющее количество пассажирских автотранспортных средств а-типа, принадлежащих n-ному пассажирскому предприятию, обслуживающему i-тый маршрут. Имеющееся в наличии количество автобусов X_{ka} . В этом случае $in = 1, p$.

Тогда задача минимизации выброса вредных веществ на маршрутной сети $M_{\text{пп}}$ при удовлетворении спроса в транспортных услугах составит

$$\max \sum_n \sum_a T_{ia} X_{ina} \rightarrow \min \quad (18)$$

$$\sum_n \sum_{a=1}^m P_a X_{ina} \geq N_{\text{гг}}, i=1, t \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^t X_{ina} \leq X_{na} \quad n=1, p; a=1, m \quad (20)$$

Для определения выброса вредных веществ автобусами при выполнении пассажирских перевозок предложен метод определения выброса

вредных веществ автобусным парком при удовлетворении спроса населения в транспортных услугах. Пусть в определенном регионе оптимальное количество автобусов, необходимое для выполнения транспортной работы A , составляет N_i , где $i=1, 2, \dots, m$.

При выполнении определенного объема транспортной работы A_i каждый автобус выделяет в окружающую среду величину вредных веществ q_j , влияющую на общее загрязнение M_j , где $j=1, 2, \dots, q$.

Массу выброшенных вредных веществ M_j автобусами N_i за расчетный период τ можно представить матрицей a_{ij} . К основным составляющим ее факторам отнесены:

N – количество транспортных средств в регионе;

P – режимы работы транспортных средств;

D – уровень технического состояния транспортных коммуникаций;

K и p – конструктивные особенности и тип пассажирских автобусов;

T_y – уровень технического состояния подвижного состава;

B – квалификация водителей и технического персонала;

l – пробег автомобиля или суммарный пробег автобусного парка.

Выброс вредных веществ M_j автобусным составом N_i при выполнении пассажирских перевозок за период τ может быть представлен зависимостью

$$M_j = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^p TN_{in} \cdot l_{in} q_{jin} \quad (21)$$

Оптимальная структура автобусного парка, при которой обеспечивается минимальный выброс вредных веществ при выполнении заданного объема пассажирских перевозок в регионе, определяется формулой

$$N_{оп} = \sum_{i=1}^m S_i Q \quad (22)$$

и удовлетворяет ограничениям

$$\sum_{aj} Q \geq M_j \quad N_j \geq Q \geq 0 \quad (23)$$

где $i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, q$; Q – максимально возможное количество однотипных транспортных средств в регионе; S_i – стоимость автобусного парка с учетом конструктивно-технологических, экологических и эксплуатационных факторов. Данная формула при определенных допущениях и ограничениях позволяет оценить на

различном уровне величину выброса вредных веществ.

$$M_j = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^p TN_{in} \cdot l_{in} q_{jin} \quad (24)$$

$$N_{оп} = \sum_{i=1}^m S_i Q \quad (25)$$

$$\sum_{aj} Q \geq M_j \quad N_j \geq Q \geq 0 \quad (26)$$

$$\Theta = C_{пн1} - \sum_{i=1}^n C_{пн2i} \quad (27)$$

Влияние характеристик транспортных потоков на выброс ВВ. Интенсивность дорожного движения (ДД), плотность ДД и однородность транспортных потоков существенно влияют на выброс вредных веществ. В условиях развивающейся автомобилизации интенсивность дорожного движения имеет тенденцию к некоторому повышению. Ежегодный прирост интенсивности ДД составляет 5-10%. В отдельных случаях она достигала предельного уровня. Последнее неизбежно ведет к заметному увеличению выброса вредных веществ.

Пропускная способность дорожной сети в настоящее время является одной из важных и лимитирующих характеристик транспортной системы. Средняя интенсивность движения транспортных средств на напряженных магистралях крупных городов достигла 800-1000 авт/ч, в то время как за рубежом в странах с развитой и совершенной дорожной сетью она превышает 1500 авт/ч на одну полосу. Между концентрацией окиси углерода, расходом топлива и интенсивностью ДД существует корреляционная связь. Повышение интенсивности ДД с 600, до 1200 авт/ч сопровождается выбросом окиси углерода примерно в три раза, т. е. с 0,04 до 0,11%.

Для улучшения качества атмосферного воздуха в центральной части города целесообразно перераспределение транспортных потоков на наиболее напряженных магистралях, частичный или полный запрет въезда отдельных видов транспортных средств в упомянутую часть города, строительство объездных дорог и магистралей скоростного типа.

Выброс вредных веществ и расход топлива в значительной степени связаны с правильным выбором и последующим прогнозированием изменения скорости движения автомобиля. Ее влияние на эффективность транспортного процесса в реальных условиях эксплуатации даже при оди-

наковой средней величине весьма заметно.

Минимальный расход топлива у автомобиля средней грузоподъемности соответствует скорости равной 25 км/ч. Однако на практике экономичная скорость движения не может быть принята за оптимальную. С увеличением скорости движения и особенно на магистралях (междугородных) возрастает производительность подвижного состава и снижается одновременно с этим себестоимость транспортного процесса в целом. Поэтому при выборе скорости движения следует учитывать возможность сокращения продолжительности транспортного процесса.

Оптимальная экономичная (с учетом транспортной работы и времени) скорость движения грузовых автомобилей соответствует величине 60-65 км/ч. При движении автомобиля средней грузоподъемности с невысокими скоростями (25–30 км/ч) расход топлива (с учетом фактора времени) на единицу пути увеличивается в два-три раза по сравнению с оптимальной экономичной скоростью движения автомобиля. В первом приближении оптимальная экономичная скорость движения соответствует 2/3 от максимальной ее величины.

Для легковых автомобилей оптимальная экономичная скорость соответствует величине 80-90 км/ч. При этих скоростях абсолютный расход топлива изменяется в пределах от 9,0 до 13,5 л/100 км. При движении автомобиля со скоростью 30-35 км/ч расход топлива на перевозку одного пассажира возрастает в 1,9-2,7 раза по сравнению с оптимальной скоростью движения. Поэтому повышение скорости движения и приближение ее к оптимальной относят к наиболее важным мероприятиям по экономии топлива при совершенствовании системы ДД.

Увеличение на каждый 1,0% скорости движения в диапазоне ее изменения от 20 до 40 км/ч в условиях свободного движения одиночного автомобиля суммарный выброс вредных веществ ведет к снижению на 0,6%, а при величине скорости свыше 40 км/ч наблюдается обратная картина – увеличение выброса вредных веществ на 0,9%. Повышение скорости движения грузового автомобиля средней грузоподъемности с карбюраторным двигателем с 20 до 60 км/ч уменьшает выброс вредных веществ СО с 80 до 27 г/км, а СН – с 10 до 5,8 г/км. Минимальный выброс вредных веществ совпадает с минимальным расходом топлива грузовых автомобилей.

Анализ экологических характеристик транспортных средств показал, что при работе

двигателя на холостом ходу концентрация СО на этом режиме возрастает в 2,1 раза, а на режимах принудительного холостого хода выброс СО в 1,6-1,9 раза по сравнению с установившимися режимами. Рациональная организация транспортного процесса способствует сокращению продолжительности работы автомобиля на режимах холостого хода, ускорения и замедления, что обеспечивает в целом существенное снижение выброса вредных веществ на единицу транспортной работы или перевозку одного пассажира.

Результаты экспериментальных исследований показали, что влияние ДД на расход топлива и выброс вредных веществ автомобилей в потоке по сравнению с единичными транспортными средствами имеет более сложный и на первый взгляд необычный характер. По мере роста интенсивности ДД расход топлива вначале заметно снижается, а затем возрастает. Подобную нетрадиционную закономерность можно объяснить тем, что с ростом скорости движения растет и интенсивность ДД. Взаимодействие автомобиля с транспортным потоком в условиях свободного движения не является определяющим фактором. К преобладающим факторам следует отнести неравномерность ДД, зависящей в значительной степени от системы светофорной сигнализации.

Классификация интенсивности ДД по критерию эффективности топливоиспользования и выброса вредных веществ может быть представлена следующим образом: свободное движение до 100 авт/ч, насыщенное движение 100-200 авт/ч, средняя интенсивность 250-500 авт/ч, интенсивное движение 750-1000 авт/ч и скоростное движение свыше 1000 авт/ч.

В крупных городах (с населением свыше 1,0 млн. чел.) на центральные районы приходится от 15 до 25% автомобильного движения. Проблема снижения загрязнения осложняется тем, что за последние годы заметна устойчивая тенденция роста интенсивности ДД в центральной части города в пределах от 5 до 10%. Мероприятия жесткого ограничения ДД в центральной части города в целом могут снизить расход топлива до 4-6% и выброс вредных веществ до 5-6%. Достижение этих показателей при совершенствовании дорожного движения предполагает строгий контроль регулирования количества и типов подвижного состава.

Структура транспортных потоков для различных дорожных условий эксплуатации приведена в табл. 6. Комплексный критерий, кото-

Таблица 6. Структура транспортных потоков

Транспортные средства	Условия дорожного движения и количество автомобилей в потоке, %		
	город	пригород	магистраль
Легковые автомобили:			
Индивидуальные	45,3	37,0	34,0
Такси	18,0	10,5	3,0
Грузовые автомобили:			
Карбюраторные	23,3	29,0	52,7
Дизельные	4,7	0,2	0,5
Газовые	1,0	0,4	0,2
Автобусы:			
Карбюраторные	0,0	13,5	10,3
Дизельные	0,7	1,8	2,1
Прочие транспортные средства	1,0	1,6	1,2

рый как функция характеризовал бы однородность транспортного потока, на сегодняшний день пока не разработан. В качестве параметра однородности потока нами принят условный показатель – количество грузовых автомобилей на магистрали.

Наибольшее влияние грузовые автомобили оказывают на расход топлива и выброс вредных веществ транспортным потоком в городских условиях эксплуатации, а меньшее на транспортных магистралях, что связано со спецификой дорожного движения.

Структура транспортных потоков в часы пик существенно перераспределяется. Количество легковых автомобилей (в том числе и такси) в потоке в центральной части и прилегающей к ней части города увеличивается на 25%, а автобусов на 23%. Количество грузовых автомобилей при этом уменьшается на 32%.

Закономерность выброса вредных веществ транспортным потоком с изменением скорости и интенсивности ДД носит более сложный характер. Так, скорость движения транспортных потоков в часы пик уменьшается на 60% и более в зависимости от величины среднестатистической скорости. При невысоких скоростях движения (до 40 км/ч) выброс СО в 1,46-2,2 раза и СН в 2,1-2,3 раза выше по сравнению со средними скоростями движения.

В условиях интенсивного городского движения на выброс вредных веществ решающее влияние оказывает неравномерность дорожного движения, которую можно оценивать величиной суммарных ускорений или замедлений на 1 км пути. Увеличение неравномерности дорожного движения ведет к росту суммарного выброса вредных веществ на 3,5%. При этом вклад

отдельных компонентов вредных веществ в суммарную токсичность ОГ далеко неодинаков. При невысокой скорости движения автомобилей преобладает выброс продуктов неполного сгорания (СО и СН), а при движении с высокими скоростями, наоборот, повышается выброс окислов азота.

Регулирование дорожного движения. Выброс вредных веществ в городских условиях в значительной степени зависит от качества прохождения автомобилем пешеходных переходов, регулируемых или нерегулируемых перекрестков. Из-за неблагоприятных условий движения автотранспорта в центральной части города наблюдается повышенный выброс вредных веществ.

Расстояние между отдельными фиксированными перегонами в центральной части города составляет примерно 250-400 м. Наличие одного перекрестка на магистрали с 5-полосным движением с традиционными средствами регулирования ведет к дополнительному расходу топлива транспортным потоком до 200 кг/ч и создает определенную нагрузку на окружающую среду. Количество (плотность) транспортных средств, движущихся в потоке (пачке), достигает 130-140 ед., что практически соизмеримо с длиной отдельных перегонов между пешеходными переходами или перекрестками в центральной части города. Частые и продолжительные остановки перед светофорами или перед перекрестками приводят к тому, что на выполнение единицы транспортной работы расходуют топлива на 40-50% больше, чем при беспрепятственном движении. Наличие пешеходного перехода на магистрали с 5-полосным движением, с интенсивностью движения 600 авт/ч по одной полосе, ведет к дополнительному выбросу окиси углерода 40 кг/ч, углеводородов – 4,5 кг/ч и окислов азота – 6,7 кг/ч. Это еще раз подтверждает целесообразность улучшения организации транспортного процесса.

Стоимость строительно-монтажных работ одного пешеходного перехода составляет значительную величину. Поэтому осуществление мероприятий по регулированию дорожного движения, исходя из условий улучшения качества атмосферы, не всегда может быть оправдано. Организация безостановочного движения одновременно с этим способствует снижению дорожно-транспортных происшествий, уменьшению шума и снижению расхода топлива. Срок окупаемости подобного градостроительного мероп-

рия на транспортной магистрали – полгода. Большинство систем регулирования дорожного движения используют фиксированные схемы сигнализации. Последнее связано с тем, что в центральных районах количество остановок на 1 км пути составляет 1,22, в пригороде – 0,95 и на междугородней магистрали – 0,86.

Все большее распространение получают оперативные системы управления дорожным движением, работающие в реальном масштабе времени. Режим работы светофоров в этом случае связан непосредственно с интенсивностью дорожного движения. Подобное регулирование ДД в крупных городах обеспечивает увеличение пропускной способности магистралей на 20-25%, уменьшает на 15-20% задержки транспорта на перекрестках. Автоматическое управление дорожной сигнализацией позволяет более эффективно воздействовать на уменьшение вредных выбросов, чем система сигнализации с фиксированным временем.

Наиболее вредному воздействию со стороны автомобильного транспорта подвержена городская среда во время пиковой нагрузки. В большинстве крупных городов наблюдаются два таких периода ежедневно. Хорошие результаты дает организация специальных автобусных полос в крупных городах. Это позволяет сократить вдвое время проезда и на 60% снизить расход топлива и выброс вредных веществ. Уровни вредных выбросов на дорогах с автобусными полосами на 20% ниже по сравнению с магистралями без автобусных полос в часы пиковой нагрузки. Водителям легковых автомобилей с тремя и более пассажирами разрешается пользоваться автобусной полосой, но только не в часы пиковой нагрузки.

Организация перевозок. Грузовые автомобили и автопоезда потребляют около 60%⁴ топлива. На долю автомобилей индивидуальных владельцев приходится 7% топлива, потребляемого на автомобильном транспорте.

Коэффициент полезного действия автомобилей составляет 18%. При неоптимальной организации перевозок и нерациональном использовании грузоподъемности КПД автомобилей существенно ниже потенциальных их свойств. Поэтому на единицу транспортной работы или перевозку пассажира расходуется больше топлива и одновременно с этим выбрасывается значительно больше вредных веществ.

Увеличение грузоподъемности автомобиля средней грузоподъемности с $\gamma=1,0$ до 1,9 (исполь-

зование прицепа) обеспечивает в реальных условиях эксплуатации экономию топлива по отношению к норме до 40% и снижает удельный выброс вредных веществ в 1,5-2,2 раза.

Выброс вредных веществ зависит от грузоподъемности и собственного веса автотранспортных средств. Зависимость выброса вредных веществ от массы автомобиля близка к линейной.

Выводы и основные результаты

На основании проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

Разработан метод обоснования представительности маршрута, учитывающий вероятность перехода от одних значений уклонов дороги к другим. В основу разработанного метода положен аппарат теории Марковских процессов. Применение аппарата Марковских процессов для моделирования макропрофиля автомобильной дороги позволяет путем имитационного моделирования исследовать влияние реальных параметров автомобильной дороги на режимы работы автобусов.

Анализ эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на топливную экономичность, позволил выявить из их числа факторы, определяющие расход бензина и дизельного топлива автобусами при движении на городских маршрутах.

Предложен метод оценки социально-экономического ущерба, позволяющий комплексно учитывать при решении проблемы с учетом стоимостного выражения мероприятий по снижению токсичности отработавших газов, уменьшению шума и снижению ДТП. Комплексный подход предусматривает учет всех материальных и эксплуатационных затрат, а также оценку эффективности мероприятий по всем смежным отраслям национальной экономики.

Определен и обоснован выбор эксплуатационных факторов, наиболее полно определяющих расход дизельного топлива автобусами на городских маршрутах, с точки зрения их информативности и доступности автобусным паркам.

Определены и обоснованы для экспериментальной проверки влияния эксплуатационных факторов характеризующие их показатели, подлежащие инструментальной регистрации при проведении испытаний топливной экономичности газодизельных автобусов.

Разработана классификация и получены количественные показатели оценки сложности маршрутов пассажирских автобусных по критерию сложности маршрутов, позволяющая на

уровне отрасли дифференцированно дотировать финансовые средства конкретным пассажирским автотранспортным предприятиям при работе на этих маршрутах.

Предложен метод оценки сложности маршрута движения автобусов, позволяющий количественно установить связь между показателем и различными факторами, определяющими качество автобусных перевозок. Количественно определен вклад каждого фактора в результирующий признак.

Разработанный метод оценки сложности автобусных маршрутов позволяет дифференцированное помаршрутное определение эффективности расхода топлива и экологичности автобусных маршрутов.

Разработаны рекомендации для определения эффективных экологических и режимосберегающих режимов работы пассажирских транспортных средств.

На основе аналитических и экспериментальных исследований установлены основные

факторы, определяющие сложность автобусного маршрута с точки зрения напряженности работы, расхода топлива, износа и ресурса шин и выброса вредных веществ.

Разработан аналитический метод определения сложности маршрута, и предложена математическая его модель, включающая значимые факторы: извилистость маршрута, наполняемость салона автобуса, помехонасыщенность маршрута, равномерность движения.

Предложен комплексный показатель экологической эффективности пассажирских перевозок и метод его расчета, учитывающий комплексно влияние выброса вредных веществ, транспортного шума, вибрации и различных излучений на технико-экономические и социальные последствия загрязнения окружающей среды.

Предложен метод оценки суммарной токсичности отработавших газов пассажирских перевозок, позволяющий наиболее полно учитывать влияние различных факторов по отношению к окиси углерода.

Список использованной литературы:

1. Безбородова Г.Б., Галушко В.Г. Моделирование движения автомобилей. Киев, «Вища школа», 1978., 166 с.
2. Лахно Р.В. О типизации дорожных условий эксплуатации автомобильного транспорта СССР: В сб.: Труды НАМИ, вып. 122., М., 1970. – с. 44..105.
3. Раввин А.Г. Оптимизация параметров автомобиля на основе систематизации магистральных дорог. Дисс. канд.техн.наук., М., МАДИ, 1982.
4. Ставицкий А.И. Математическая модель для исследования динамики и топливной экономичности автомобиля на ЭВМ., Автомобильная промышленность, N8, 1968., с 24..26.
5. Лукинский В.С. Определение показателей надежности автомобилей на стадии проектирования.-Конструкция автомобилей, N8.,1982.,-с.8..13.
6. Нефедов А.Ф. Расчет режимов движения автомобилей на вычислительных машинах.-Киев:Техника, 1970.-172 с.
7. Блякинштейн И.М. Повышение топливной экономичности автомобилей КамАЗ за счет разработки и применения в эксплуатации советующего прибора водителя. Автореф.дис...канд.техн.наук. Л.1987, 17 с.
8. Дьяков А.Б, Неймарк А.В., Коншин Е.А. и др. Экологическая безопасность транспортных потоков – М: Транспорт, 1989. -128 с.