

К проблеме экологической безопасности автотранспортного комплекса в городах



В. А. Гудков, докт. техн. наук, зав. кафедрой «Автомобильные перевозки», Волгоградский государственный технический университет (ВГТУ)



В. Н. Федотов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (Санкт-Петербург)



Д. В. Гудков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильные перевозки», ВГТУ

При оценке экологической безопасности автотранспортного комплекса в городах необходим системный, логистический подход, включающий в себя три иерархических уровня осуществления перевозочного процесса: водитель (автомобиль), участок дороги (интенсивность движения), автотранспортный парк (общий объем транспортной работы). Для каждого из уровней разработаны оптимизационные модели по критерию экологической безопасности, позволяющие существенно уменьшить массу выбросов загрязняющих веществ.

В России автотранспортный комплекс (АТК) функционирует в условиях, когда количественные и структурные параметры парка подвижного состава интенсивно изменяются, а технический уровень автомобилей, состояние дорожной сети и подготовленность водителей относительно отстают. Это требует методологического решения взаимосвязанных экономических, технических и социальных проблем, связанных с ограничением техногенного влияния автомобильного транспорта на качество городской окружающей среды (ОС).

Благодаря рыночной экономике увеличилась подвижность групп населения, выросли объемы перевозок мелкопартионных грузов. При постоянном росте числа маршрутов и транспортных единиц на локальных участках городских магистралей возрастает риск возникновения неблагоприятных ситуаций — как результата взаимодействия элементов АТК (человек — автомобиль — дорога — среда). В зонах интенсивных транспортных и пешеходных потоков, характерных для крупных городов, основной производственный процесс АТК (перемещение грузов и пассажиров) не только сопровождается повышением количества ДТП и усилением их тяжести, но и становится экологически небезопасным для участников движения. Во многом это обусловлено отсутствием методологии системного интегрирования экологических требований в процесс перемещения грузов и пассажиров.

Несмотря на частичный вывод грузового движения из общественных зон со сложившейся застройкой, в крупных

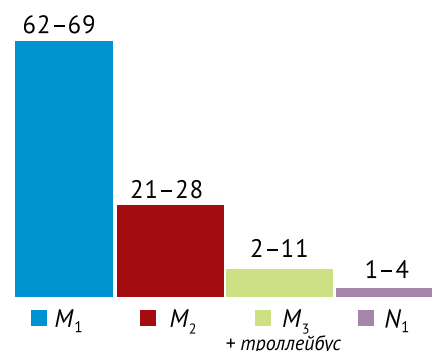


Рис. 1. Состав автотранспортных потоков на общегородских и районных улицах крупного города (на примере г. Волгограда)



ФОТО: СЕРГЕЙ ГОРИН

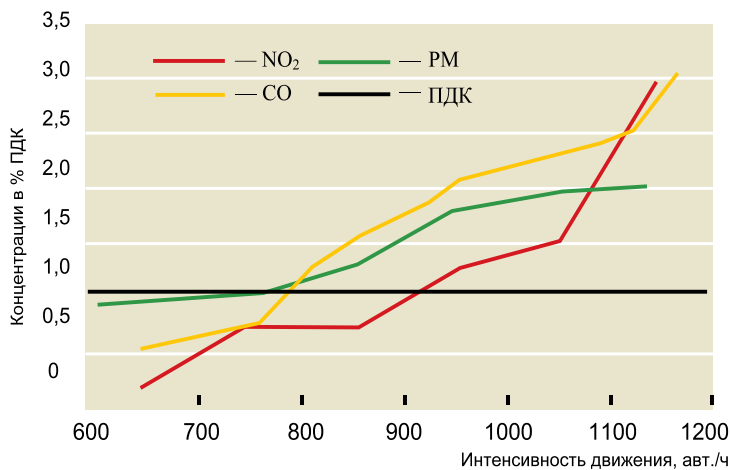


Рис. 2. Загрязнения воздуха на участке УДС (на примере г. Волгограда)

населенных пунктах неблагоприятное воздействие интенсивных автотранспортных перевозок сохраняется: в городах с населением свыше 500 тыс. человек число автомобилей на 1 тыс. человек в 1,3–1,5 раза превышает среднее значение по стране (253 автомобилей на 1 тыс. человек). При этом тенденция роста сохраняется.

Основная доля в составе автотранспортных потоков на дорогах общегородского значения приходится на легковые автомобили (M_1) и автобусы малой вместимости (M_2) (рис. 1). Автотранспортные средства (АТС) этих категорий вносят 80–90 % ингредиентного загрязнения в воздушную среду городской улично-дорожной сети (УДС). Значительное число в потоках АТС категорий M_1 и M_2 повышает вес управляющих воздействий их водителей на массу выбросов загрязнений воздуха. При определенной интенсивности движения основной процесс АТК — грузопассажирские перевозки — создает на УДС локальные участки с превышениями предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязнений в воздухе, рис. 2.

Поступление в региональные автопарки АТС с нормами Евро 2 и выше (6–8 % ежегодно с учетом импорта) повышает экологическую безопасность АТК по выбросам CO, CH, NO. Однако сроки обновления парка длительны – 15–20 лет. Кроме того, увеличение числа новых, экологичных АТС в автотранспортных потоках не снижает массу образующихся при перевозках частиц износа шин, тормозных накладок и дорожных покрытий (фракции PM_{10} – $PM_{2,5}$).

Эти обстоятельства создают объективную необходимость интеграции в автомобильные перевозки в крупных городах управления по критериям экологической безопасности.

В число экономических районов, где экологическое состояние городской воздушной среды должно регулироваться путем управления перевозочным процессом АТК, входят Северо-Западный, Центральный, Уральский, Южный, Приволжский федеральные округа РФ.

Комплексное решение проблемы повышения экологической безопасности АТК основывается на применении системного анализа. Для его проведения выделяются иерархические уровни процесса перевозок АТК 9 (рис. 3), и на каждом уровне иерархии создается совокупность оптимизационных моделей управления перевозочным процессом. Модели, связывающие транспортную работу (P) и массу загрязнения (M), составляют нормативно-целевой базис альтернативных реализаций перевозок и экологических ситуаций. Критерии оптимизации основываются на обобщающих технических и экологических показателях перевозочного процесса АТК. Для уровней установлены общие ограничения: объем транспортной работы $P_{n+1} \geq P_n$ ($P_n \neq 0$), концентрации от массы ЗВ $M \leq M_{ПДК} = f(C_{ПДК})$ и частные ограничения вышестоящего уровня ($A_{2i} \in A_{3i}$ и $L_{1k} \in L_{2k}$).

Для каждого из трех уровней иерархии перевозочного процесса были разработаны оптимизационные модели.

Первый уровень характеризует выбросы загрязняющих веществ (ЗВ), связанные с работой водителей за время нахождения на линии. Второй уро-

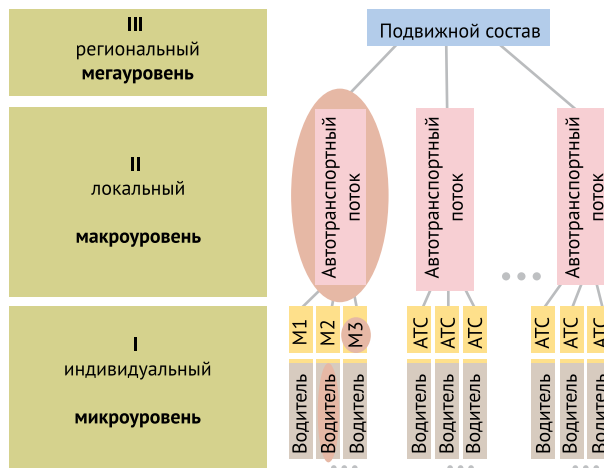


Рис. 3. Иерархические уровни перевозочного процесса АТК в крупном городе

вень — выбросы ЗВ автотранспортных средств в транспортном потоке на 1 км длины при соответствующей интенсивности. Третий уровень представляется моделью определения массы загрязняющих веществ по объему транспортной работы за календарный период.

Рассмотрим методологию повышения безопасности АТК путем управления перевозочным процессом на каждом уровне по экологическим критериям.

На первом уровне (мегауровне) оптимизируется численность и состав регионального автопарка. Структура автопарка региона $\sum A_i$ будет соответствовать условию экологической безопасности ($c \leq C_{ПДК}$).

Графическое представление алгоритма оптимизации парка приведено на рис. 4.

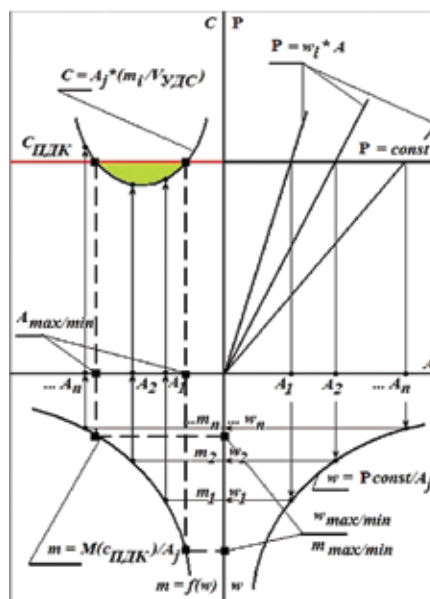


Рис. 4. Алгоритм оптимизации регионального автопарка по экологическому критерию



Рис. 5. Алгоритм квотирования числа АТС на маршруте

Реализации перевозочного процесса АТК на низших уровнях могут создавать зоны экологического риска для участников движения:

$$P(D_3) = 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^k [1 - P(D_{ij})] \cdot [1 - P(D_d)], \quad (1)$$

где $P(D_{ij})$ — вероятность, что интенсивность транспортного потока и состав АТС в течение определенного времени создадут на городской магистрали j -ю пороговую концентрацию i -го вредного вещества (токсиканта); $P(D_d)$ — вероятность длительности действия в зоне j -й пороговой концентрацией i -го вредного вещества (токсиканта) дольше по времени, чем это определено для населенных мест гигиеническими нормативами (показатель вредности — резорбтивный).

Событие, заключающееся в факте превышения ПДК ЗВ в воздухе от автотранспорта и более длительном, чем это установлено нормами, действии «пороговой» дозы предлагаем считать отказом перевозочного процесса по требованиям экологической

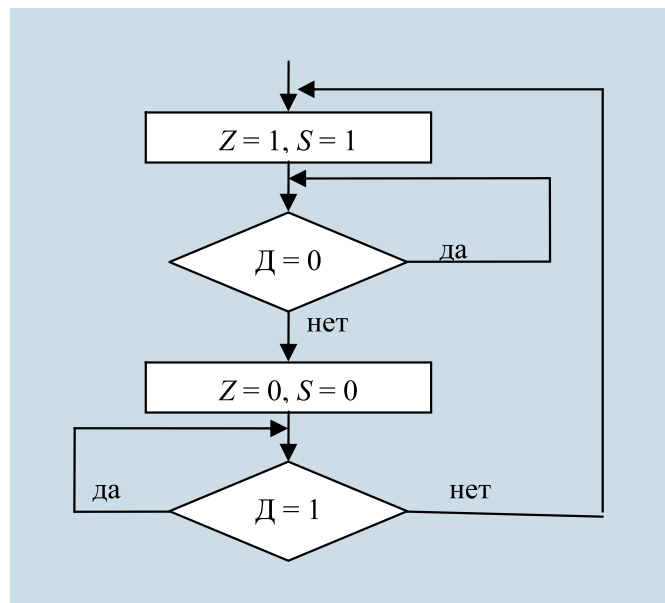


Рис. 6. Типовой алгоритм работы управляемого знака «Направление движения по полосам»: Д — сенсор; S — сигнал, запрещающий движение по полосе (при установке знака в прямом направлении движения по автомагистрали); Z — знак «Направление движения по полосам».



Рис. 7. Оптимизация на первом уровне перевозочного процесса АТК

безопасности. В этом случае экологически небезопасный участок городской автомагистрали можно определить как участок УДС, на котором вероятность развития резорбтивного действия экологической нагрузки транспортного потока превышает установленную величину. По аналогии с техническими системами, от состояния которых зависит безопасность процессов, величину этой вероятности можно принять равной 0,05–0,01.

Методика оценки зависимости уровня риска в зоне автомагистрали от ЗВ транспортных потоков в общем случае будет состоять из следующих этапов:

- обследование и установление участков автомагистралей с интенсивными автотранспортными и пешеходными потоками;
- идентификация токсикантов и измерение их концентраций в местах нахождения участников движения;
- расчеты в принятом интервале времени параметров вероятностных моделей концентраций токсикантов и времени действия их пороговых значений;
- оценка величины риска.

Экологический риск от ЗВ в перевозочном процессе второго уровня (макроуровня) зависит от переменных величин: интенсивности, состава АТС и времени функционирования автотранспортного потока — $P_3 = f(A_i, N, t)$. Предложено на экологи-

чески небезопасном участке городской магистрали в качестве объектов управления перевозочным процессом принимать:

- пассажирский маршрут, котируя число АТС (заменяя автобусы категории M_2 на автобусы M_3 большей пассажироместимости): $M_{M_2} + M_{M_3} \rightarrow \min$; алгоритм котиования числа АТС на маршруте приведен на рис. 5;

- группу узловых перекрестков, регулируя движение АТС на узловых точках участка (направляя M_1 и N_1 по параллельно пролегающей дорожной сети объекта управления): $M_{M_1} + N_1 \rightarrow \min$; алгоритм работы устройства регулирования на рис. 6.

Длительность времени работы сигнала светофора, управляемых дорожных знаков и информационных табло определяется выражением:

$$t_{зад} = 60 \cdot \frac{N_{общ} - N_{ПДК}}{N_{общ} - \sum N_p}, [\text{мин}]. \quad (2)$$

Для оценки управляющих воздействий водителя на массу ЗВ i -го АТС вводится коэффициент $k_{эij}$. Установлено, что масса ЗВ АТС зависит от профессионального стажа водителя (k_3 изменяется от 0,7 до 0,1) и личностных качеств ($k_3 = 0,6, \dots, 0,8$). Водители с высоким k_3 отличаются такими психофизиологическими качествами, как краткость сложной сенсомоторной реакции, повышенная устойчивость внимания и высокая напряженность парасимпатического поля центральной нервной системы. Коэффициент k_3 равен $M_{ВН} / (M_{ВП} + M_{ВН})$, где $M_{ВП}$ и $M_{ВН}$ — массы ЗВ АТС, зависящих от управляющих действий водителя, обусловленных и не обусловленных перевозочным процессом соответственно.

На первом микроуровне перевозочного процесса АТК математическая модель индивидуального экипажа (водитель и автомобиль) имеет вид:

$$\begin{cases} w_p t_p = L_k \omega_i \gamma_c(t_{oj}) \geq P(\gamma_{lim \rightarrow 1,0}) \\ \frac{1}{k_{эj}} L_k g_{iL} + g_{it} f(t_{oj}) \leq M(\text{сПДК}) \end{cases} \quad (3)$$

где ω_i — номинальная вместимость i -го АТС;

$\gamma_{сij}(t_{oj})$ статический коэффициент наполнения i -го АТС под управлением j -го водителя, как функция от времени остановок t_{oj} .

Графическая схема оптимизации перевозочного процесса АТК на уровне индивидуального экипажа приведена на рис. 7.

Доказано, что для комплексного решения проблемы экологической безопасности АТК в крупных городах необходима единая база данных, обеспечивающая возможность системного анализа сценария развития экологической ситуации на городской дорожной сети, — серверный центр экологического мониторинга АТК. ■

Литература:

1. Гудков В. А., Федотов В. Н. Котиование числа пассажирских автотранспортных средств по критерию экологической безопасности // Стандарты и качество. 2003. № 2.
2. Гудков В. А., Комаров Ю. Я., Федотов В. Н. Безопасность и экология маршрутного транспорта // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2005. № 10.
3. Гудков В. А., Федотов В. Н., Богданова Е. В. Гарантировать жизнь и здоровье пассажиру // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2007. № 7.

ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН

