

ОБЩАЯ ЗАДАЧА МИНИМИЗАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ АВТОБУСНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИРКУТСКА

Е. Е. Тайшина, А. В. Аргучинцев

Рассмотрена задача расстановки по маршрутам имеющегося автобусного муниципального парка г. Иркутска с целью минимизации выбросов токсичных выхлопных газов.

Необходимые сведения для расчётов: марки и количество автобусов каждого класса в автопарке, нормы расхода топлива, пассажироместимость каждого типа автобуса.

По состоянию на 2020 г. не принята новая типология общественного транспорта. До сих пор применяется классификация ГОСТ, которая не корректировалась с 1974 года [1]. Для передвижения по городу используются первые четыре класса этой классификации. Будем считать, что C_i – имеющееся в автопарке количество автобусов i -го класса, $i = 1, 2, 3, 4$.

Данные по составу автобусного парка г. Иркутска получены из раздела «Пассажирский транспорт» официального портала [2]. Нормы расхода топлива даны в распоряжении Минтранса РФ [3]. При расчетах сделано допущение, что одному классу автобусов соответствует одна конкретная марка.

Расчёт выбросов вредных веществ каждого класса автобусов производился по модели [4]. Использована предложенная в модели методика для вычисления объемов выбросов трёх основных токсичных газов, выделяемых двигателями: CO, NO, C₆H₁₄.

Пусть $J_1 = \{1, \dots, m_1\}$ – множество индексов маршрутов, по которым могут ездить только автобусы 1-го класса, $J_2 = \{m_1+1, \dots, m_2\}$ – только автобусы 1-го и 2-го классов, $J_3 = \{m_2+1, \dots, m_3\}$ – только автобусы 1-го, 2-го и 3-го классов, $J_4 = \{m_3+1, \dots, n\}$ – автобусы всех классов. Эти множества диктуются условиями дорожного движения. Неизвестные величины x_{ij} определяют количество машин i -го типа на j -ом маршруте, $j=1, 2 \dots n$. Введем следующие обозначения: r_j – количество рейсов на j -ом маршруте (в день), d_j – длина одного кругового j -го маршрута (км), s_i – пассажироместимость автобуса i -го типа. Количество выбросов вредных веществ (г/км), соответствующие вышеуказанным видам токсичных газов, обозначим q_{CO} , q_{NO} , q_{CH} . Необходимо обеспечить объем пассажироперевозок (количество пассажиров) в размере не меньше заданных значений a_j для j -го маршрута. Произведения $r_j \cdot d_j$ определяют общую протяженность (км) перевозок на j -ом маршруте. Целевые функции, соответствующие каждому из токсичных газов, имеют вид:

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n r_j d_j q_{CO} x_{ij};$$
$$f_2(x) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n r_j d_j q_{NO} x_{ij};$$

$$f_3(x) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n r_j d_j q_{CH} x_{ij}.$$

Ограничения на объем перевозок и структуру автопарка определяются неравенствами

$$\begin{aligned} s_1 \cdot r_j \cdot x_{1j} &\geq a_j, j \in J_1; & s_1 \cdot r_j \cdot x_{1j} + s_2 \cdot r_j \cdot x_{2j} &\geq a_j, j \in J_2; \\ s_1 \cdot r_j \cdot x_{1j} + s_2 \cdot r_j \cdot x_{2j} + s_3 \cdot r_j \cdot x_{3j} &\geq a_j, j \in J_3; \\ s_1 \cdot r_j \cdot x_{1j} + s_2 \cdot r_j \cdot x_{2j} + s_3 \cdot r_j \cdot x_{3j} + s_4 \cdot r_j \cdot x_{4j} &\geq a_j, j \in J_4. \\ 0 \leq x_1 \leq C_1; & 0 \leq x_2 \leq C_2; & 0 \leq x_3 \leq C_3; & 0 \leq x_4 \leq C_4. \end{aligned}$$

Решены задачи минимизации каждого из критериев f_1, f_2, f_3 на множестве приведенных выше ограничений. Каждая оптимизационная является задачей целочисленного линейного программирования большой размерности. Рассмотрена также соответствующая многокритериальная задача. Построено множество оптимальных решений Парето. В дальнейшем планируется рассмотреть задачу формирования оптимального состава автопарка с учетом времени суток и сезонности перевозок.

Литература

1. ГОСТ 18716-73. Автобусы. Ряд габаритных длин. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 65 с.
2. Реестр муниципальных маршрутов регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в городе Иркутске [Электронный ресурс]: Официальный портал города Иркутска. Среда и обустройство. Пассажирский транспорт. – Электрон. версия. – URL: <http://admirk.ru/> (дата обращения: 24.04.2020).
3. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте [Электронный ресурс]: Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р (ред. от 20.09.2018). – Доступ из справ. Правовой системы «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 24.04.2020).
4. Шабуров С.С. Методы повышения экологической безопасности автомобильных дорог общего пользования (на примере снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобилей): автореф. дис ... канд. техн. наук. – Иркутск: ИрННТУ, 1999. – 192 с.