

ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.05

А. Н. Дудников, канд. техн. наук, Н. В. Юшков

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ НАЗЕМНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Смоделированы условия движения подвижного состава городских пассажирских наземных перевозок по полосам на многополосных перегонах городских улиц на примере движения автобусов по маршрутам. Установлено, что определяющим условием оперативного поддержания технической скорости автобусов является характер формирования связи «скорость – плотность» транспортного потока по полосам движения, скорость потока в данном случае должна быть больше, чем запланированная техническая скорость автобусов.

Ключевые слова: перевозки автобусные, поток транспортный, полоса движения, скорость потока, плотность потока, интенсивность, сеть улично-дорожная, скорость техническая

Введение

Современные условия городских пассажирских перевозок требуют усовершенствования подходов к их организации с обеспечением эффективности и качества предоставляемых услуг. Существенное увеличение плотности транспортных потоков приводит к резкому снижению скоростей движения транспортных средств на перегонах и тем более в узлах улично-дорожной сети (УДС) вплоть до полной остановки в виде образования затора. На техническую скорость подвижного состава также влияют качество дорожного полотна, погодные условия, стаж, возраст и состояние водителя [1, 2]. Из этого следует, что без оперативного управления невозможно обеспечить необходимую эффективность работы городского пассажирского наземного транспорта. Под оперативным управлением технической скоростью понимается процесс принятия своевременных решений по изменению технической скорости или полосы движения в зависимости от текущего состояния транспортного потока на полосе.

Основной материал работы

Известно, что зависимость интенсивности от плотности носит параболический характер [3–6]. Разные линии допускают разные значения интенсивности при постоянной плотности потока, причем с увеличением интенсивности значения плотности по двум полосам все более расходятся. Так, при интенсивности движения около 1150 авт/ч по каждой полосе плотность по правой полосе составляет примерно 35 авт/км, по левой – 15 авт/км [3, 4]. Пиковые интенсивности имеют разные значения при примерно равной плотности потока: для правой полосы – 1150 авт/ч, для левой – 1400 авт/ч [3, 4]. Это связано с тем, что при увеличении интенсивности движения возникает все большая необходимость смены правой полосы на левую с целью опережения. Дальнейшее снижение интенсивности при повышении плотности объясняется снижением скорости потока, так как в условиях стесненности транспортные средства замедляются, и их количество снижается за единицу времени. Согласно Правилам дорожного движения [7] и общей рекомендации, приоритетной полосой для пассажирского маршрутного транспорта является правая, так как по ней располагаются остановочные пункты, а также это дает возможность обгона и опережения для других транспортных средств, но не позволяет увеличить техническую скорость пассажирского маршрутного

транспорта (ПМТ). Главными целями водителя ПМТ для смены полосы являются: опережение медленно движущегося впереди автомобиля, объезд препятствия, поворот на ближайшем перекрестке [8]. С учетом вышеизложенного необходимо дать рекомендации водителю ПМТ по необходимости и возможности смены полосы движения в зависимости от характеристик потока (рисунки 1–3).

Необходимо рассмотреть три ситуации, которые соответствуют проезжей части с двумя, четырьмя и шестью полосами движения в обоих направлениях для перегонов УДС. В этом случае задачей является определение зависимости скорости от плотности по каждой полосе.

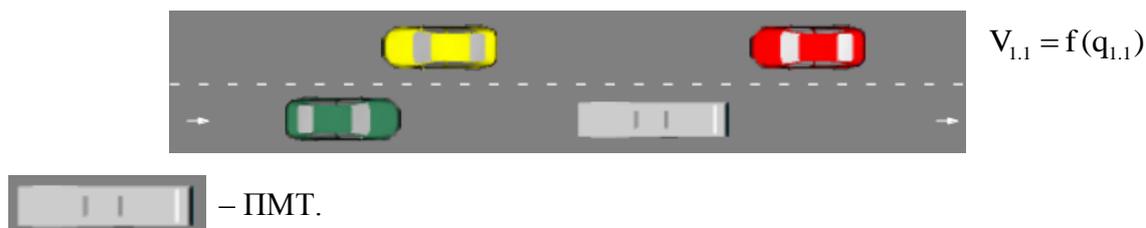


Рисунок 1 – Формирование условий движения ПМТ на двухполосном перегоне УДС, где зависимость скорости потока от плотности определяется одной полосой

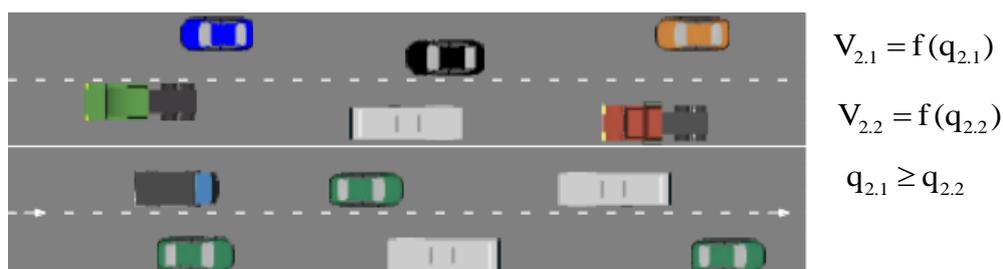


Рисунок 2 – Формирование условий движения ПМТ на четырехполосном перегоне УДС, где зависимость скорости потока от плотности определяется на двух полосах движения

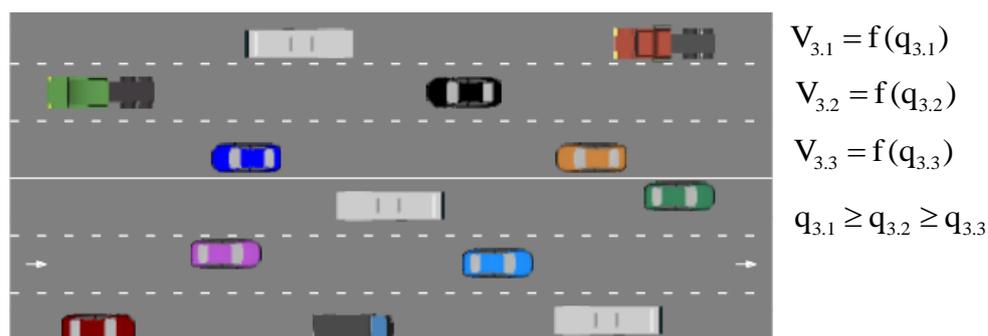


Рисунок 3 – Формирование условий движения ПМТ на шестиполосном перегоне УДС, где зависимость скорости потока от плотности определяется на трех полосах движения

По данным, изображенным на рисунках 1–3, сформулированы следующие направления дальнейших исследований:

- для первого случая (рисунок 1) необходимо установить связь плотности транспортного потока на полосе со временем суток, с целью привязки значений плотности движения к графику работы ПМТ на линии;
- для второго случая (рисунок 2) необходимо установить связь плотности транспорт-

ного потока на первой и второй полосах со временем суток, с целью привязки значений плотности движения по двум полосам к графику работы ПМТ на линии;

– для третьего случая (рисунок 3) необходимо установить связь плотности транспортного потока на первой, второй и третьей полосах со временем суток, с целью привязки значений плотности движения по трем полосам к графику работы ПМТ на линии.

При выполнении указанных направлений появится возможность прогнозирования скорости движения транспортных потоков по полосам и формирования соответствующих рекомендаций по обеспечению требуемой технической скорости ПМТ в расписании движения на маршруте по часам работы на линии.

Формальная запись динамического габарита транспортного средства в указанных выше опубликованных работах имеет вид полинома второй степени [5]:

$$L_d = m_0 + m_1 V + m_2 V^2, \quad (1)$$

где m_0 – средняя длина транспортного средства, м;

m_1 – время, характеризующее реакцию водителей, с;

m_2 – коэффициент пропорциональности тормозному пути, который зависит от дорожных условий (для нормальных условий $m_2 = 0,0285 \text{ с}^2/\text{м}$ [5]).

Получим аналитическое выражение для требуемых динамических габаритов ПМТ:

– для перестроения с полосы с высокой скоростью на полосу с более низкой скоростью (торможение):

$$L_{\text{пмт}_t} = l_{\text{пмт}} + (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot V_i + \frac{V_i^2 - V_{i-1}^2}{2 \cdot j}, \quad (2)$$

где $L_{\text{пмт}_t}$ – динамический габарит ПМТ для ситуации перестроения с полосы с высокой скоростью на полосу с более низкой скоростью (торможение);

$l_{\text{пмт}}$ – длина ПМТ, м;

t_p – время реакции водителя на необходимость начала осуществления замедления или разгона автобуса, с;

t_2 – время срабатывания тормозной системы автобуса, с;

t_3 – время нарастания замедления автобуса, с; зависит от сцепных качеств дорожного покрытия;

V_i – техническая скорость автобуса на момент завершения маневра замедления или разгона, м/с;

V_{i-1} – техническая скорость автобуса, соответствующая перестроению с полосы с высокой скоростью на полосу с более низкой скоростью (торможение), м/с;

j – замедление автобуса, м/с²;

– для перестроения с полосы с низкой скоростью на полосу с более высокой скоростью (разгон):

$$L_{\text{пмт}_p} = l_{\text{пмт}} + (t_p + t_{pp}) \cdot V_i + \frac{V_{i+1}^2 - V_i^2}{2 \cdot a_a}, \quad (3)$$

где $L_{\text{пмт}_p}$ – динамический габарит ПМТ для ситуации перестроения с полосы с низкой скоростью на полосу с более высокой скоростью (разгон);

t_{pp} – время разгона автобуса, с, зависит от сцепных качеств дорожного покрытия;

V_{i+1} – техническая скорость автобуса, соответствующая перестроению с полосы с низкой скоростью на полосу с более высокой скоростью (разгон), м/с;
 a_a – ускорение автобуса, м/с².

С учетом вышеизложенного мы получаем взаимосвязь формул (1), (2) и (3). Покажем это системой уравнений:

$$\begin{cases} L_d = m_0 + m_1 V + m_2 V^2, \\ L_{\text{ПМТ}_i} = l_{\text{ПМТ}} + (t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot V_i + \frac{V_i^2 - V_{i-1}^2}{2 \cdot j}, \\ L_{\text{ПМТ}_p} = l_{\text{ПМТ}} + (t_p + t_{pp}) \cdot V_i + \frac{V_{i+1}^2 - V_i^2}{2 \cdot a_a}. \end{cases} \quad (4)$$

Система уравнений (4) показывает возможность записи полученных расчетных формул для эмпирических коэффициентов для уравнения «скорость-плотность»:

$$m_0 = l_{\text{ПМТ}}; \quad m_1 = \begin{cases} t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3, \\ t_p + t_{pp} \end{cases}; \quad m_2 = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot j}, \\ \frac{1}{2 \cdot a_a} \end{cases}. \quad (5)$$

В результате значения (5) позволяют записать необходимые формулы расчета скорости движения транспортного потока для случаев движения ПМТ по рисункам 1–3 в следующем виде (рисунки 4–6):

$$V(q) = \left[1 - \left(1 - \frac{q}{q_{\text{max}}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - 1000/q)} \right)}{2 \cdot m_2} \right].$$



Рисунок 4 – Формирование условий движения ПМТ на двухполосном перегоне УДС, где зависимость скорости потока от плотности определяется одной полосой движения



$$q_{2.1} \geq q_{2.2}$$

Рисунок 5 – Формирование условий движения ПМТ на четырехполосном перегоне УДС, где зависимость скорости потока от плотности определяется на двух полосах движения

На рисунках 4–6 показаны необходимые формулы расчета условий возможности маневрирования ПМТ по полосам движения на перегонах городских УДС, т. е. техническая скорость ПМТ, заложенная в расписание движения, должна быть не больше скорости потока,

реализуемой на конкретной полосе движения; в случае если больше – то ПМТ необходимо перестраиваться на полосы слева от полосы движения; если существенно меньше – то ПМТ необходимо перестраиваться на полосы справа от полосы движения.



Рисунок 6 – Формирование условий движения ПМТ на шестиполосном перегоне улично-дорожной сети, где зависимость скорости потока от плотности определяется на трех полосах движения

В формуле на рисунке 4 остались две неизвестные q_{\max} и q , где q_{\max} – это значение плотности на полосе, которое необходимо задать, исходя из текущих условий движения.

Используя полученные результаты, необходимо смоделировать транспортный поток по формуле на рисунке 4 так, чтобы плотность движения на полосах позволяла обеспечивать необходимый интервал движения в пространстве для ПМТ.

Необходимый интервал в транспортном потоке для обеспечения движения ПМТ представим графически на рисунке 7.

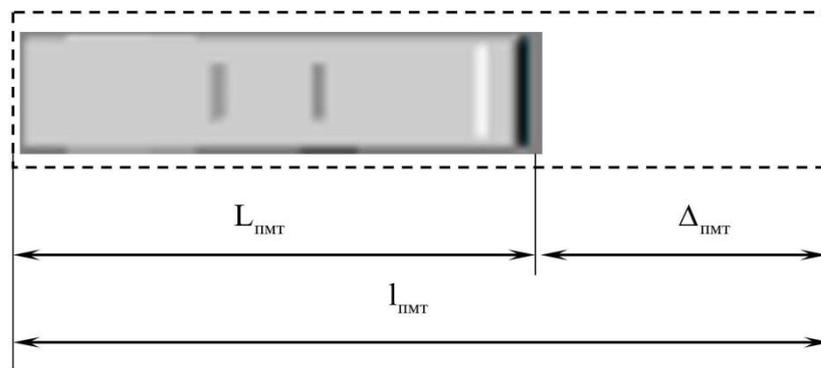


Рисунок 7 – Формирование минимально необходимого интервала движения в транспортном потоке на полосе, который обеспечивает безопасное движение ПМТ с возможностью маневрирования

Исходя из графической модели рисунка 7, запишем условие для плотности транспортного потока на полосе движения:

$$q \leq \frac{1}{L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}}} \cdot 1000, \text{ авт/км.} \quad (6)$$

Если условие (6) приравнять, то получим возможность по формуле рисунка 4 рассчитать значение необходимой технической скорости движения ПМТ в условиях транспортного потока на полосе, двигаясь с которой будет обеспечена безопасность движения ПМТ с возможностью его маневрирования.

Необходимое значение технической скорости ПМТ на двухполосном перегоне улично-дорожной сети, при его движении в транспортном потоке по одной полосе:

$$V_{T_{\text{ПМТ1}}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ1}}) \cdot q_{\text{max1}}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ1}}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (7)$$

$$m_0 = l_{\text{ПМТ}}; \quad m_1 = \begin{cases} t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3, \\ t_p + t_{\text{pp}} \end{cases}; \quad m_2 = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot j}, \\ \frac{1}{2 \cdot a} \end{cases},$$

где $V_{T_{\text{ПМТ1}}}$ – техническая скорость ПМТ на полосе при двухполосном перегоне УДС города, км/ч;

q_{max1} – максимальная плотность потока на полосе при двухполосном перегоне УДС города, авт/км;

$\Delta_{\text{ПМТ1}}$ – минимальная дистанция для ПМТ на полосе при двухполосном перегоне УДС города, м.

Второй вариант с четырехполосной проезжей частью характеризуется распределением плотности по полосам с учетом условия, что плотность правой полосы выше плотности левой. Запишем полученные формулы для каждой полосы движения и представим это в следующем виде:

$$V_{T_{\text{ПМТ2.1}}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ2.1}}) \cdot q_{\text{max2.1}}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ2.1}}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (8)$$

$$V_{T_{\text{ПМТ2.2}}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ2.2}}) \cdot q_{\text{max2.2}}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ2.2}}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (9)$$

где $V_{T_{\text{ПМТ2.1}}}$ – техническая скорость ПМТ на первой полосе при четырехполосном перегоне УДС города, км/ч;

$V_{T_{\text{ПМТ2.2}}}$ – техническая скорость ПМТ на второй полосе при четырехполосном перегоне УДС города, км/ч;

$q_{\text{max2.1}}$ – максимальная плотность потока на первой полосе при четырехполосном перегоне УДС города, авт/км;

$q_{\text{max2.2}}$ – максимальная плотность потока на второй полосе при четырехполосном перегоне УДС города, авт/км;

$\Delta_{\text{ПМТ2.1}}$ – минимальная дистанция для ПМТ на первой полосе при четырехполосном перегоне УДС города, м;

$\Delta_{\text{ПМТ2.2}}$ – минимальная дистанция для ПМТ на второй полосе при четырехполосном перегоне УДС города, м.

Третий вариант с шестиполосной проезжей частью характеризуется распределением плотности по полосам с учетом условия, что плотность крайней правой полосы выше плотности средней, которая в свою очередь выше плотности крайней левой полосы. Запишем полученные формулы для каждой полосы движения и представим это в следующем виде:

$$V_{T_{\text{ПМТ}3.1}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.1}) \cdot q_{\text{max}3.1}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.1}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (10)$$

$$V_{T_{\text{ПМТ}3.2}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.2}) \cdot q_{\text{max}3.2}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.2}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (11)$$

$$V_{T_{\text{ПМТ}3.3}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1000}{(L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.3}) \cdot q_{\text{max}3.3}} \right)^{a \cdot m_2 + b} \right] \cdot \left[\frac{3,6 \cdot \left(-m_1 + \sqrt{m_1^2 - 4 \cdot m_2 \cdot (m_0 - (L_{\text{ПМТ}} + \Delta_{\text{ПМТ}3.3}))} \right)}{2 \cdot m_2} \right]; \quad (12)$$

$$m_0 = l_{\text{ПМТ}}; \quad m_1 = \begin{cases} t_p + t_2 + 0,5 \cdot t_3, \\ t_p + t_{pp} \end{cases}; \quad m_2 = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot j}, \\ \frac{1}{2 \cdot a_a} \end{cases},$$

где $V_{T_{\text{ПМТ}3.1}}$ – техническая скорость ПМТ на первой полосе при шестиполосном перегоне УДС города, км/ч;

$V_{T_{\text{ПМТ}3.2}}$ – техническая скорость ПМТ на второй полосе при шестиполосном перегоне УДС города, км/ч;

$V_{T_{\text{ПМТ}3.3}}$ – техническая скорость ПМТ на третьей полосе при шестиполосном перегоне УДС города, км/ч;

$q_{\text{max}3.1}$ – максимальная плотность потока на первой полосе при шестиполосном перегоне УДС города, авт/км;

$q_{\text{max}3.2}$ – максимальная плотность потока на второй полосе при шестиполосном перегоне УДС города, авт/км;

$q_{\text{max}3.3}$ – максимальная плотность потока на третьей полосе при шестиполосном перегоне УДС города, авт/км;

$\Delta_{\text{ПМТ}3.1}$ – минимальная дистанция для ПМТ на первой полосе при шестиполосном перегоне УДС города, м;

$\Delta_{\text{ПМТ}3.2}$ – минимальная дистанция для ПМТ на второй полосе при шестиполосном перегоне УДС города, м;

$\Delta_{\text{ПМТ}3.3}$ – минимальная дистанция для ПМТ на третьей полосе при шестиполосном перегоне УДС города, м.

Для реализации расчетов (7)–(12) по часам суток, необходимо провести натурные исследования значений максимальной плотности транспортного потока по полосам перегонов.

В формулах (7)–(12) рассчитывается значение технической скорости ПМТ в условиях движения по конкретной полосе перегона, при этом полученные результаты показывают максимальную скорость, которую можно реализовать ПМТ в условиях транспортного потока конкретной полосы движения. В случае если по технологии организации движения ПМТ будет необходима более высокая техническая скорость, следует рекомендовать занимать соответствующую полосу ПМТ с большим значением реализуемой скорости (полосы слева), или в отсутствии возможности исходить из полученного значения технической скорости

ПМТ. В случае если по технологии организации движения ПМТ будет необходима более низкая техническая скорость, следует рекомендовать занимать соответствующую полосу ПМТ с меньшим значением реализуемой скорости (полосы справа), или в отсутствии возможности исходить из полученного значения технической скорости ПМТ.

Заключение

В работе решена задача по моделированию технической скорости ПМТ в условиях движения в составе транспортного потока определенной полосы на перегонах УДС, при наличии для ПМТ минимальной необходимой дистанции для безопасного движения и соответствующего маневрирования.

Получены необходимые формулы для нормирования технической скорости ПМТ по полосам движения для трех вариантов перегонов городских улично-дорожных сетей (двухполосные, четырехполосные и шестиполосные) с учетом заданного максимального значения плотности потока на соответствующей полосе.

Далее необходимо провести экспериментальные исследования полученных формул для разработки рекомендаций к оперативному управлению технической скоростью подвижного состава городских пассажирских перевозок.

Список литературы

1. Большаков, А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков. – Москва : Транспорт, 1981. – 206 с.
2. Варелопуло, Г. А. Организация движения перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – Москва : Транспорт, 1990. – 208 с.
3. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю ; перевод с английского. – Москва : Транспорт, 1972. – 424 с.
4. Сильянов, В. В. Имитационное моделирование транспортных потоков в проектировании дорог / В. В. Сильянов, В. М. Еремин, Л. И. Муравьева. – Москва : МАДИИ, 1981. – 119 с.
5. Колесов, В. И. Идентификация модели реального транспортного потока в городе / В. И. Колесов, М. Л. Гуляев, А. М. Осипенко // Вестник ОГУ. – 2011, октябрь. – № 10(129). – С. 43–48.
6. Чернова, Г. А. Определение связи между изменением технической скорости подвижного состава и интенсивности транспортного потока / Г. А. Чернова, М. В. Власова // Известия ВолгГТУ. – 2010. – Т. 10, № 3. – С. 110–113.
7. Правила дорожного движения Донецкой Народной Республики : утверждены Постановлением Совета Министров Донецкой Народной Республики от 12.03.2015 № 3-12.
8. Давидич, Ю. А. Нормирование скорости движения городского пассажирского транспорта с учетом характеристик маршрута / Ю. А. Давидич, М. В. Калужный // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2012. – № 1(14). – С. 11–17.

А. Н. Дудников, Н. В. Юшков

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Нормирование технической скорости подвижного состава городских пассажирских наземных перевозок

В работе смоделированы условия движения подвижного состава городских пассажирских наземных перевозок на многополосных перегонах городских улиц на примере движения автобусов по маршрутам. Установлено, что определяющим условием оперативного поддержания технической скорости автобусов является характер формирования связи «скорость – плотность» транспортного потока по полосам движения, скорость потока в данном случае должна быть больше, чем запланированная техническая скорость автобусов.

В работе решена задача по распределению плотности движения по полосам, которая рассматривалась для трех случаев формирования условий движения ПМТ на многополосных перегонах улично-дорожных сетей города: движение по одной полосе, двухполосное движение и трехполосное движение. Было проведено моделирование транспортного потока исходя из условий, что плотность движения должна обеспечивать необходимый интервал движения для ПМТ. Данные модели были представлены графически при помощи формул для

каждой полосы движения в соответствии с рассматриваемой ситуацией. Получены необходимые формулы для нормирования технической скорости ПМТ по полосам движения для трех ситуаций на перегонах городских улично-дорожных сетях с учетом наличия транспортного потока и его состояния.

Отмечено, что дальнейшее направление работы должно быть связано с проведением экспериментальных исследований полученных формул для оперативного управления технической скоростью подвижного состава городских пассажирских наземных перевозок, что даст возможность получить необходимые константы в выведенные формулы и сформулировать практические рекомендации.

ПЕРЕВОЗКИ АВТОБУСНЫЕ, ПОТОК ТРАНСПОРТНЫЙ, ПОЛОСА ДВИЖЕНИЯ, СКОРОСТЬ ПОТОКА, ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА, ИНТЕНСИВНОСТЬ, СЕТЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ, СКОРОСТЬ ТЕХНИЧЕСКАЯ

A. N. Dudnikov, N. V. Iushkov

Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka

Rating of the Rolling Stock Technical Speed in the Urban Passenger Land Transportation

The conditions for the rolling stock movement of the urban passenger land transportation on the multi-lane sections of city streets using the example of the bus movement along the routes are modelled. It is established that the defining condition for the operative maintenance of the bus technical speed is the formation nature of the «speed – density» connection of the traffic flow along the lanes. In this case the flow rate should be greater than the planned technical speed of the buses.

The work solved the problem of the traffic density distribution by lanes, which was considered for three cases of the formation of the PRT traffic conditions on the multi-lane sections of city road networks: single-lane traffic, two-lane traffic and three-lane traffic. The simulation of the traffic flow based on the conditions that the traffic density should provide the necessary traffic interval for the PRT was carried out. These models were presented graphically using formulae for each lane according to the situation under consideration. The necessary formulae for rating the PRT technical speed by lanes for three situations on the sections of the urban street-road networks, taking into account the traffic flow and its state are obtained.

It is noted that the further direction of the work should be associated with experimental studies of the obtained formulae for the operational control of the rolling stock technical speed of the urban passenger land transportation, which will make it possible to obtain the necessary constants in the derived formulae and formulate practical recommendations.

BUS TRANSPORTATION, TRANSPORT FLOW, TRAFFIC LINE, FLOW SPEED, FLOW DENSITY, INTENSITY, STREET-ROAD NETWORK, TECHNICAL SPEED

Сведения об авторах:

А. Н. Дудников

SPIN-код: 8393-4943
 ORCID ID: 0000-0001-5082-3038
 SCOPUS: H-8611-2016
 Телефон: +38 (071) 301-98-50
 Эл. почта: andudnikov@rambler.ru

Н. В. Юшков

Телефон: +38 (071) 325-73-23
 Эл. почта: nik.yushkov.97@mail.ru

Статья поступила 07.05.2021

© А. Н. Дудников, Н. В. Юшков, 2021

Рецензент: Д. Н. Самисько, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»