

ТРАНСПОРТ

УДК 656.13 072

А. Н. Дудников, канд. техн. наук, Н. С. Виноградов, канд. техн. наук,
Д. Т. Перекальчук

Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СОГЛАСОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ И ТРОЛЛЕЙБУСОВ В УСЛОВИЯХ СОВМЕЩЕНИЯ МАРШРУТОВ

Формализована методика согласования движения автобусов и троллейбусов в условиях совмещения маршрутов вдоль городской улицы. Математический аппарат этой методики позволяет, исходя из требуемой наполняемости салонов подвижного состава, а также соотношения тарифов на перевозку и других характеристик перевозочного процесса, рассчитать необходимые интервалы движения подвижного состава в пределах длины совмещенного участка маршрутов. Кроме этого, рассмотрен вариант, когда на совмещенном участке присутствует несколько автобусных и троллейбусных маршрутов. По полученным результатам предложена последовательность действий при согласовании движения автобусов и троллейбусов в условиях совмещения маршрутов вдоль городской улицы.

Ключевые слова: городские пассажирские перевозки, согласование движения, автобус, троллейбус, совмещение маршрутов, интервал движения, маршрут движения

Постановка проблемы

Важной задачей в решении проблемы совершенствования городских пассажирских перевозок является обеспечение надлежащей организации движения автобусов на совместных участках автобусных и троллейбусных маршрутов в условиях развития автобусных пассажирских перевозок, городского электротранспорта и недостаточного развития улично-дорожной сети городов. Значимые научные разработки по сформулированной проблеме сконцентрированы в работах: И. В. Спирина, Л. Б. Миротина, А. Ю. Михайлова, Н. Б. Островского, Д. И. Самойлова и др. [1–8]. Указанные работы посвящены вопросам организации движения автобусов на отдельных маршрутах. Вопрос организации движения на совместных участках, тем более с троллейбусными маршрутами, рассматривался как частный случай в виде взаимодействия на таких участках только двух маршрутов.

Анализ работ [9–13] показал, что есть возможность улучшения качества транспортного обслуживания пассажиров за счет повышения регулярности движения на совместных участках путем координации интервалов между единицами подвижного состава двух маршрутов, которые проходят через такие участки.

Согласование автобусных и троллейбусных маршрутов в условиях их совмещения вдоль городской улицы является актуальной проблемой в настоящее время.

Цель работы

Формализовать методику согласования движения автобусов и троллейбусов в условиях совмещения маршрутов вдоль городской улицы.

Изложение основного материала исследования

Техническая скорость движения характеризует весь комплекс конструктивных свойств автобуса. Большое влияние на техническую скорость оказывает интенсивность движения и

продолжительность задержек по причинам уличного движения. Техническая скорость наиболее полно характеризует скоростные свойства при движении в определенных условиях эксплуатации. Под технической скоростью понимают среднюю скорость за время движения.

Техническая скорость движения в значительной степени зависит от мастерства вождения автобуса водителем, погодных условий, времени года и т. д. Время движения подвижного состава может быть представлено как время разгона, время движения с постоянной скоростью, время торможения и время кратковременных остановок в пути.

В общем виде техническая скорость автобуса может быть определена по следующей формуле [14]:

$$V_m = \frac{L}{\sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 + \sum t_4 + \sum t_5}, \text{ км/ч,} \quad (1)$$

где L – пройденное расстояние автобусом по участку улицы, км;

t_1 – время, потраченное на разгон автобуса, ч;

t_2 – время движения автобуса с постоянной скоростью, ч;

t_3 – время, потраченное на замедление автобуса, ч;

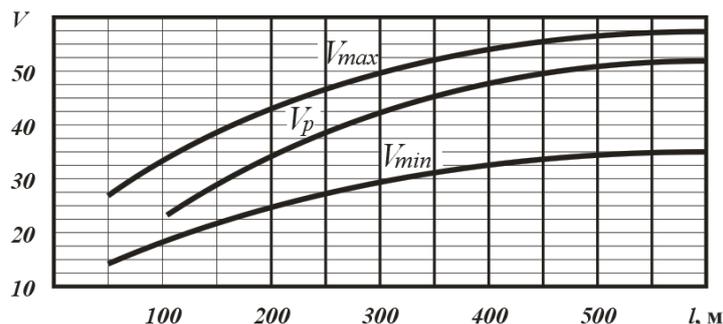
t_4 – время, потраченное на торможение автобуса, ч;

t_5 – время, затрачиваемое автобусом на кратковременные остановки, связанные с организацией дорожного движения, ч.

Основным критерием правильного режима вождения троллейбуса в заданных условиях является выбор рациональной скорости разгона V_p , до которой целесообразно разгонять троллейбус к началу участка выбега.

Выбор из всех возможных рациональной скорости разгона V_p к началу выбега рекомендуется [15–18] ввиду того, что она обеспечивает наиболее экономичный режим движения троллейбуса, минимальное количество пусков на перегоне.

Для перегона или отдельного его участка любой длины можно указать максимально возможную скорость разгона V_{max} , при которой режим движения складывается только из участков разгона и торможения (указанные особенности показаны на рисунке 1).



V_{max} – максимально возможная скорость разгона троллейбуса к началу выбега на перегоне указанной длины;

V_p – рациональная скорость разгона к началу выбега;

V_{min} – минимальная скорость разгона к началу выбега.

Рисунок 1 – Зависимость скорости разгона троллейбуса от длины перегона [19]

Величину рациональной скорости разгона для любой возможной длины перегона или отдельного его участка необходимо определить по кривой V_p рисунка 2. Указанная скорость

обеспечит минимальное время хода по перегону при рациональном расходовании электроэнергии на движение.

Если рациональная скорость разгона, устанавливаемая по рисунку 2, превышает допустимую по дорожным условиям скорость движения на участке, то V_p должна быть приравнена к допустимой скорости движения. В этом случае режим движения будет определяться не рациональными, а вынужденными скоростями движения.

После разбиения перегона на отдельные участки пути выполняем следующий этап расчета – определение времени движения по каждому участку пути. Расчет выполняем графоаналитическим методом: в зависимости от длины участка l и найденного значения скорости разгона V_p по графическим зависимостям, отраженным на рисунке 2, для троллейбусов устанавливается время движения t_x .

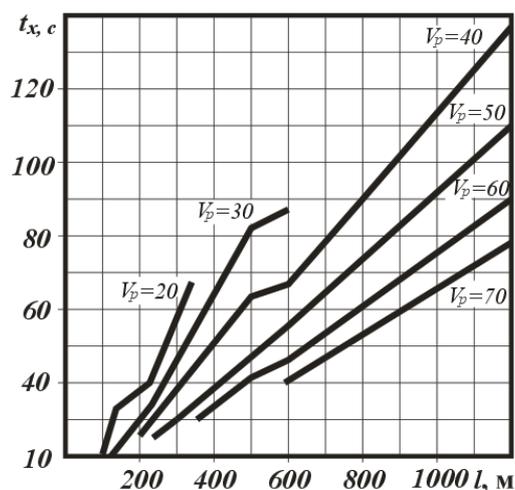


Рисунок 2 – Зависимость времени движения троллейбуса от длины перегона при различных значениях V_p км/ч [18]

Исходя из приведенной графической зависимости времени движения троллейбуса от длины перегона, можно сделать вывод о нестабильности скорости движения троллейбуса на протяжении определенного перегона. Понятие технической скорости как таковое отсутствует, на перегоне есть два участка пути – это участок разгона и участок выбега. Значение V_{m_m} – это кривая в зависимости от пройденного пути на перегоне или от времени движения на нем, кривая имеет максимум в конце участка разгона.

Графическая зависимость на рисунке 2 позволяет выразить значение технической скорости троллейбуса V_{m_m} в виде усредненного путем деления времени хода троллейбуса по перегону на длину совмещенного участка маршрутов. В данном случае длина перегона известна и равна длине совмещенного участка, откуда получаем:

$$V_{m_m} = \frac{t_{x_2}}{L_{\Sigma}}, \quad (2)$$

где V_{m_m} – одинаковая нормированная техническая скорость троллейбусов всех маршрутов;

t_{x_2} – время движения троллейбуса по совмещенному участку, определенное по графической зависимости рисунка 2;

L_{Σ} – длина совмещенного участка маршрутов.

Таким образом, значения технических скоростей движения автобусов и троллейбусов

в пределах совмещенного участка можно определить по известным, рассмотренным выше, формулам:

– для автобусов

$$V_{m_a} = \frac{L_{\Sigma}}{\sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 + \sum t_4 + \sum t_5}, \quad (3)$$

где V_{m_a} – одинаковая нормированная техническая скорость автобусов;

– для троллейбусов – формула (2).

В [19] получено условие (32) формирования характеристик транспортной работы автобусов и троллейбусов в пределах совмещенного участка, которое далее необходимо распространить на оставшиеся участки отдельных маршрутов движения. Условие обеспечивает требуемую наполняемость салонов автобусов и троллейбусов в пределах совмещенного участка, что уменьшает конкурентную борьбу. Кроме этого, в указанное условие введено соотношение тарифов на перевозку автобусами и троллейбусами, что позволяет уравновесить доходы от перевозочного процесса автобусами и троллейбусами в пределах работы на совмещенном участке маршрутов движения.

Выполняя дальнейшие исследования, предлагаем принять, что длина совмещенного участка, деленная на время его проезда, составит техническую скорость, соответственно автобуса и троллейбуса:

$$\frac{L_{\Sigma}}{T_{\Sigma}} = V_m, \quad V_{m_a} \rightarrow V_{m_m} \rightarrow V_m, \quad (4)$$

где T_{Σ} – суммарное время движения по совмещенному участку.

Преобразуем условие (32) [16] с учетом упрощения (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\Sigma} = k_1 \cdot Q_{ma} + k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}), \\ k_1 = \frac{T_{n_m} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot Q_{mm}}, \\ k_2 = \frac{T_{n_a} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot Q_{mm}}, \\ k_1 \cdot Q_{ma} = \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot I_a} + \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a}, \\ k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) = \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot I_m} + \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m}. \end{array} \right. \quad (5)$$

где k_1, k_2 – коэффициенты соотношения между тарифами с учетом объема перевозок;

Q_{ma} – максимальный пассажиропоток на участке автобусного маршрута;

Q_{mm} – максимальный пассажиропоток на участке троллейбусного маршрута;

ΔQ_{Σ} – пассажиропоток на совмещенном участке, который обусловлен движением пассажиров только в пределах указанного участка, пасс/ч;

T_{n_m} – тариф на перевозки пассажира троллейбусом;

Q_{Σ} – максимальный пассажиропоток на совмещенном участке автобусного и троллейбусного маршрутов;

T_{n_a} – тариф на перевозки пассажира автобусом;

q_a, q_m – пассажироместимость автобуса или троллейбуса, пасс.;

$K_{n_a}^n, K_{n_m}^n$ – коэффициент, учитывающий наполняемость салона автобуса и троллейбуса;

$K_{\text{вз}}, K_n$ – коэффициенты, учитывающие неравномерность пассажиропотока по времени, ед;

I_a, I_m – интервалы движения во времени автобусов и троллейбусов;

V_{m_a}, V_{m_m} – технические скорости движения на маршрутах автобусов и троллейбусов;

$(l_{in})_a, (l_{in})_m$ – среднее расстояние ездки пассажира на автобусе и троллейбусе, км.

Проведем дальнейшее преобразование (5) для вывода значений необходимых интервалов движения автобусов и троллейбусов на совмещенном участке.

Для автобусов преобразуем условие (5):

$$\begin{aligned}
 k_1 \cdot Q_{ma} &= \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot I_a} + \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a}, \\
 k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a} &= \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot I_a}, \\
 \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot I_a} &= k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a}, \\
 \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a}} &= K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot I_a, \\
 I_a &= \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a \cdot \left[k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{n_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_a} \right]}. \tag{6}
 \end{aligned}$$

Аналогично преобразуем условие (5) для троллейбусов:

$$\begin{aligned}
 k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) &= \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot I_m} + \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m}, \\
 k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m} &= \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot I_m}, \\
 \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot I_m} &= k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m}, \\
 \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m}} &= K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot I_m, \\
 I_m &= \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot \left[k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{\text{вз}} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m} \right]}. \tag{7}
 \end{aligned}$$

С учетом (6) и (7) условие совмещения автобусного и троллейбусного маршрутов запишем в виде требуемых интервалов движения I_a и I_m :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\Sigma} = k_1 \cdot Q_{ma} + k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}), \\ k_1 = \frac{T_{n_m} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})}, \\ k_2 = \frac{T_{n_a} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})}, \\ I_a = \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a \cdot \left[k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a} \right]}, \\ I_m = \frac{q_m \cdot K_{H_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_m \cdot \left[k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{H_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_m} \right]}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Дополнительно необходимо отметить в условии (8) значения технических скоростей автобусов и троллейбусов на участке совмещенных маршрутов (2) и (3):

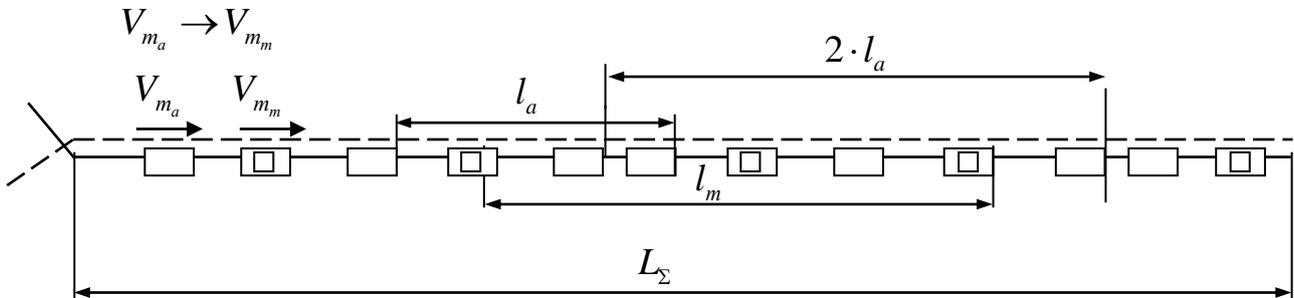
$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\Sigma} = k_1 \cdot Q_{ma} + k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}), \\ k_1 = \frac{T_{n_m} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})}, \\ k_2 = \frac{T_{n_a} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})}, \\ I_a = \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a \cdot \left[k_1 \cdot Q_{ma} - \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a} \right]}, \\ V_{m_a} = \frac{L_{\Sigma}}{\sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 + \sum t_4 + \sum t_5}, \\ I_m = \frac{q_m \cdot K_{H_m}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_m \cdot \left[k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}) - \frac{q_m \cdot K_{H_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{62} \cdot K_H \cdot (l_{in})_m} \right]}, \\ V_{m_m} = \frac{t_{x_{\Sigma}}}{L_{\Sigma}}. \end{array} \right. \quad (9)$$

Полученная группа формул (9) является математическим аппаратом методики согласования автобусного и троллейбусного маршрутов в условиях их совмещения вдоль город-

ской улицы.

Далее рассмотрим вариант, когда на совмещенном участке присутствует несколько автобусных и троллейбусных маршрутов.

Анализ [9–13] показал, что порядок совмещения нескольких маршрутов предполагает формирование последовательного прибытия подвижного состава к остановочным пунктам на совмещенном участке.



V_{m_a} – одинаковая нормированная техническая скорость автобусов;

l_a – пространственный интервал движения автобусов на маршруте, рассчитанный по разработанной методике;

l_m – пространственный интервал движения троллейбусов на маршруте, рассчитанный по разработанной методике

Рисунок 3 – Порядок совмещения движения подвижного состава нескольких автобусных маршрутов с троллейбусным маршрутом

В математической форме условие совмещения движения (рисунок 3) можно формализовать следующим образом:

$$Q_{\Sigma} = k_1 \cdot Q_{ma} + k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma}),$$

$$k_1 = \frac{T_{n_m} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})}, \quad k_2 = \frac{T_{n_a} \cdot Q_{\Sigma}}{T_{n_m} \cdot Q_{ma} + T_{n_a} \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_{\Sigma})},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 \cdot Q_{ma} = k_1 \cdot Q_{ma_1} + k_1 \cdot Q_{ma_2} + \dots + k_1 \cdot Q_{ma_n}, \\ V_{m_a} = \frac{L_{\Sigma}}{\sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 + \sum t_4 + \sum t_5}, \\ I_{a_1} = \frac{q_{a_1} \cdot K_{H_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a \cdot \left[k_1 \cdot Q_{ma_1} - \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a} \right]}, \\ \dots \\ I_{a_n} = \frac{q_{a_n} \cdot K_{H_a}^n \cdot L_{\Sigma}}{K_{\text{вз}} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a \cdot \left[k_1 \cdot Q_{ma_n} - \frac{q_a \cdot K_{H_a}^n \cdot V_{m_a}}{K_{\text{вз}} \cdot K_H \cdot (l_{in})_a} \right]}, \\ I_a = \min(I_{a_1} \dots I_{a_n}), \\ I_{a_i} = I_a \cdot m, \quad m = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right.$$

$$\begin{cases} V_{m_m} = \frac{t_{x_\Sigma}}{L_\Sigma}, \\ I_m = \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot L_\Sigma}{K_{вз} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m \cdot \left[k_2 \cdot (Q_{mm} + \Delta Q_\Sigma) - \frac{q_m \cdot K_{n_m}^n \cdot V_{m_m}}{K_{вз} \cdot K_n \cdot (l_{in})_m} \right]}, \end{cases}$$

$$V_{m_a} \rightarrow V_{m_m}. \quad (10)$$

Для практической реализации условия (10) необходимо организовывать диспетчерский пункт в области слияния схем маршрутов. В условиях, когда большинство случаев организации маршрутов представляют собой маятниковые маршруты, диспетчерских пунктов должно быть два – по краям совмещенного участка.

После окончательного формирования места расположения начальных и конечных диспетчерских пунктов на совмещенном участке необходимо составить таблицу расстояний между остановками на маршрутах.

Далее определяются объемы перевозок, пассажиропотоки, средние расстояния перевозки пассажиров для всех совмещаемых маршрутов автобусов и троллейбусов, время рейса, оборота и скорости движения на маршруте, необходимое количество автобусов и троллейбусов на совмещаемых маршрутах, а также составляется расписание движения автобусов и троллейбусов по существующим методикам.

Заключение

В работе формализована методика согласования движения автобусов и троллейбусов в условиях совмещения маршрутов вдоль городской улицы. Математический аппарат этой методики позволяет, исходя из требуемой наполняемости салонов подвижного состава, а также соотношения тарифов на перевозку и других характеристик перевозочного процесса, рассчитать необходимые интервалы движения подвижного состава в пределах длины совмещенного участка маршрутов. Кроме этого, рассмотрен вариант, когда на совмещенном участке присутствует несколько автобусных и троллейбусных маршрутов.

Полученные результаты указывают на необходимость следующей последовательности действий:

- организации движения подвижного состава по участку совмещения маршрутов с расчетом необходимых интервалов движения по разработанной методике;
- нормирования технической скорости подвижного состава по участку совмещения маршрутов с условием выравнивания технической скорости на всех совмещаемых маршрутах к единому, по возможности, или к общему значению для автобусных маршрутов и общему значению для троллейбусных маршрутов;
- проведения дополнительных расчетов по организации процесса перевозки пассажиров по совмещаемым маршрутам.

Список литературы

1. Телетов, О. С. Маркетингові дослідження міського пасажирського транспорту / О. С. Телетов, Є. І. Нагорний // Механізм регулювання економіки. – 2007. – № 1. – С. 126–132.
2. Спирин, И. В. Городские автобусные перевозки : справочник / И. В. Спирин. – Москва : Транспорт, 1991. – 238 с. – ISBN 5-227-01139-0.
3. Варелопуло, Г. А. Организация движения перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – Москва : Транспорт, 1990. – 208 с. – ISBN 5-277-00401-7.
4. Лобанов, Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – Москва : Транспорт, 1990. – 240 с. –

ISBN 5-277-00375-4.

5. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, Л. Б. Миротин [и др.] ; под редакцией Н. Б. Островского. – Москва : Транспорт, 1986. – 224 с.
6. Большаков, А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков, Е. А. Кравченко, С. Л. Черникова. – Москва : Транспорт, 1981. – 206 с.
7. Соловейчик, М. З. Организация пассажирских перевозок / М. З. Соловейчик, Т. А. Сотникова. – Москва : Транспорт, 1977. – 222 с.
8. Антошвили, М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спирин. – Москва : Транспорт, 1985. – 102 с.
9. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев ; под редакцией В. А. Гудкова. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2006. – 448 с. – ISBN 5-93517-157-0.
10. Кузьменко, Н. В. Формування підходу до організації міських пасажирських перевезень на сумісних ділянках руху / Н. В. Кузьменко, О. М. Дудніков, М. С. Виноградов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2009. – № 2 (9). – С. 52–59.
11. Дудніков, О. М. Методика розробки розкладу руху автобусів різних маршрутів з урахуванням сумісної ділянки їх руху / О. М. Дудніков, М. С. Виноградов, І. М. Золотухіна // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2010. – № 2 (11). – С. 21–31.
12. Волошин, С. О. Необхідність координації інтервалів руху автобусів на сумісних ділянках двох незалежних міських маршрутів / С. О. Волошин, М. С. Виноградов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2008. – № 1 (6). – С. 126–131.
13. Логистика – технология транспортного процесса / Л. М. Костюченко, Е. В. Танцюра, Л. Г. Заенчик [и др.] ; под редакцией Л. Г. Заенчик. – Киев : Кий, 2000. – 356 с. – ISBN 966-7161-47-1.
14. Геронимус, Б. Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус, Л. В. Царфин. – Москва : Транспорт, 1988. – 192 с.
15. Дуднев, Д. И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Д. И. Дуднев. – Москва : Транспорт, 1974. – 296 с.
16. Блатнов, М. Д. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки / М. Д. Блатнов. – Москва : Транспорт, 1973. – 304 с.
17. Ларин, О. Н. Организация пассажирских перевозок / О. Н. Ларин. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
18. Об утверждении рекомендаций по нормированию скоростей сообщения трамвайных вагонов и троллейбусов : приказ принят Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР от 8 мая 1981 года № 260. – Текст : электронный. – URL: <http://www.economics.kiev.ua/download/ZakonySSSR/data02/tex13512.htm> .
19. Дудников, А. Н. Общие подходы к совмещению автобусного и троллейбусного маршрутов движения / А. Н. Дудников, Н. С. Виноградов, Д. Т. Перекальчук // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2019. – № 2 (29) – С. 3–11.

А. Н. Дудников, Н. С. Виноградов, Д. Т. Перекальчук
Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

**Формализация методики согласования движения автобусов и троллейбусов
 в условиях совмещения маршрутов**

Важной задачей в решении проблемы совершенствования городских пассажирских перевозок является обеспечение надлежащей организации движения автобусов на совместных участках соответствующих автобусных и троллейбусных маршрутов в условиях развития автобусных пассажирских перевозок, городского электротранспорта и недостаточного развития улично-дорожной сети городов. Вопрос относительно организации движения на совместных участках, тем более с троллейбусными маршрутами, рассматривался во многих работах как частный случай в виде взаимодействия на таких участках только двух маршрутов. Кроме этого, отдельные работы показывают, что есть возможность улучшения качества транспортного обслуживания пассажиров за счет повышения регулярности движения на совместных участках путем координации интервалов между единицами подвижного состава двух маршрутов, которые проходят через такие участки.

Указанные аспекты раскрывают необходимость в согласовании автобусных и троллейбусных маршрутов в условиях их совмещения вдоль городской улицы, что является актуальным в настоящее время.

В работе формализована методика согласования движения автобусов и троллейбусов в условиях совмещения маршрутов вдоль городской улицы. Математический аппарат этой методики позволяет, исходя из требуемой наполняемости салонов подвижного состава, а также соотношения тарифов на перевозку и других характеристик перевозочного процесса, рассчитать необходимые интервалы движения подвижного состава в пределах длины совмещенного участка маршрутов. Кроме этого, рассмотрен вариант, когда на совмещенном участке присутствует несколько автобусных и троллейбусных маршрутов.

Полученные результаты указывают на необходимость следующей последовательности действий: организации движения подвижного состава по участку совмещения маршрутов с расчетом необходимых интервалов движения по разработанной методике; нормирования технической скорости подвижного состава по участку совмещения маршрутов с условием выравнивания технической скорости на всех совмещаемых маршрутах к единой, или к общему значению для автобусных маршрутов и общему значению для троллейбусных маршрутов; проведения дополнительных расчетов по организации процесса перевозки пассажиров по маршрутам, которые совмещаются.

ГОРОДСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ, СОГЛАСОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ, АВТОБУС, ТРОЛЛЕЙБУС, СОВМЕЩЕНИЕ МАРШРУТОВ, ИНТЕРВАЛ ДВИЖЕНИЯ, МАРШРУТ ДВИЖЕНИЯ

A. N. Dudnikov, N. S. Vinogradov, D. T. Perekalchuk
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Formalization of the Technique for Coordinating Bus and Trolleybus Traffic in Terms of Route Combination

An important task in solving the problem of improving urban passenger traffic is to ensure the proper organization of bus traffic on joint sections of the corresponding bus and trolleybus routes in the conditions of the bus passenger traffic, urban electric transport development and insufficient development of the urban road network. The question regarding the traffic organization on joint sections, especially with trolleybus routes, was considered in many works as a special case in the form of interaction on such sections of only two routes. In addition, some works show that it is possible to improve the quality of transport services for passengers at the expense of increasing the regularity of traffic on joint sections by coordinating the intervals between the rolling stock units of two routes that pass through such sections.

These aspects reveal the need to coordinate bus and trolleybus routes in the conditions of their combination along the city street, that is actual at present time.

The work formalizes the technique of coordinating the buses and trolleybus traffic in terms of route combination along the city street. The mathematical apparatus of this technique allows to calculate required intervals of the rolling stock traffic within the length of the route joint section on the basis of the necessary occupancy of the rolling stock saloons, as well as the ratio of tariffs for transportation and other characteristics of the transportation process. In addition, an option when several bus and trolleybus routes are present on the joint section is considered.

The obtained results indicate the need for the following sequence of actions: the organization of the rolling stock movement along the route joint section with the calculation of necessary traffic intervals according to the developed technique; rationing the road speed of the rolling stock along the route joint section with the condition of adjusting the road speed on all the combined routes to a single speed, or to a general value for bus routes and a general value for trolleybus routes; carrying out additional calculations to organize the process of transporting passengers along the routes that are combined.

URBAN PASSENGER TRANSPORTATION, TRAFFIC COORDINATION, BUS, TROLLEYBUS, ROUTE COMBINATION, TRAFFIC INTERVAL, TRAFFIC ROUTE

Сведения об авторах:

А. Н. Дудников

SPIN-код: 8393-4943
 Телефон: +38 (071) 301-98-50
 Эл. почта: andudnikov@rambler.ru

Д. Т. Перекальчук

Телефон: +38 (071) 375-63-61
 Эл. почта: silverbullet23796@gmail.com

Н. С. Виноградов

SPIN-код: 6801-2397
 Телефон: +38 (050) 975-23-12
 Эл. почта: nikolayx6m@mail.ru

Статья поступила 04.05.2019

© А. Н. Дудников, Н. С. Виноградов, Д. Т. Перекальчук, 2019

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