

# Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации

В. В. ЗЫРЯНОВ, докт. техн. наук, профессор,

А. А. МИРОНЧУК, ассистент, Ростовский государственный строительный университет



**Создание выделенных полос для общественного транспорта существенно повышает его эффективность и привлекательность. Однако если маршрутные автобусы получают в этом случае преимущества, то пропускная способность дороги в целом снижается. Внедрение компонентов интеллектуальных транспортных систем (ИТС) позволяет усовершенствовать принцип приоритетного движения пассажирского транспорта в городе.**

В последние несколько лет набирает популярность концепция приоритетных полос прерывного действия (ПППД). Суть ее состоит в том, чтобы с помощью информационного обеспечения ИТС организовать совместное использование приоритетной полосы автобусами и индивидуальным транспортом в зависимости от занятости полосы автобусами [2; 3; 8].

Теоретически возможность организации PPPД была доказана Ж. Вигасом [5; 6]. Он раскрыл концепцию их функционирования, технические и организационные требования для практического внедрения.

Управление движением на такой полосе осуществляется по следующему алгоритму:

- при отсутствии автобусов на данном участке все полосы открыты для движения индивидуального транспорта, т. е. PPPД для автобусов могут пользоваться другие виды транспорта;
- когда автобус приближается к PPPД, активируется ее первая секция; активация осуществляется посредством управляемых дорожных знаков и встроенных в дорожную разметку катафотов; на управляемых дорожных знаках высвечивается требование индивидуальному транспорту освободить приоритетную полосу, а катафоты показывают длину активной секции;
- к моменту подхода автобуса приоритетная полоса свободна от индивидуального транспорта;
- последующие секции PPPД активируются в зависимости от местоположения автобуса, чтобы индивидуальные автомобили могли освободить со-

ответствующую секцию к моменту подхода автобуса;

- PPPД снова становится доступной для индивидуального транспорта, когда автобус покидает соответствующую секцию.

Эта концепция была внедрена в Лиссабоне на участке Университетского проспекта с односторонним движением. В результате средняя скорость автобусов увеличилась там на 45–63 % в периоды пиковых нагрузок и на 15–25 % — при стабильном состоянии транспортного потока. При этом не было отмечено снижения скорости движения транспортного потока [5].

Интересный проект PPPД для трамваев реализован на одной из улиц Мельбурна длиной 2,1 км [3]. В отличие от варианта в Лиссабоне здесь кроме

управляемых дорожных знаков используется светофорное регулирование: параметры светофорного регулирования изменяются в адаптивном режиме, чтобы гарантированно освободить полосу перед регулируемым пересечением. В результате скорость движения трамваев в час пик увеличилась на 10 %. Меньшие показатели эффективности объясняются более сложными, чем в Лиссабоне, условиями движения.

Организация PPPД — задача как с научной, так и с технической точки зрения намного более сложная, чем создание стандартной выделенной полосы.

Для внедрения данного метода приоритетного движения нужно предварительно определить следующие параметры:

- оптимальное соотношение объемов движения индивидуального и общественного транспорта;
- критическую интенсивность движения;
- длину каждой секции;
- расстояние автобуса до начала приоритетной полосы, на котором необходимо активировать каждую секцию;



Рис. 1. Основные данные для микромоделирования движения на приоритетных полосах прерывного действия

● необходимость приоритета на регулируемом пересечении.

Техническое обеспечение должно включать такие компоненты ИТС, как датчики ГЛОНАСС, управляемые дорожные знаки, встроенные в дорожное полотно катафоты.

В каждом случае организации движения по методу ПППД проводилось предварительное исследование перечисленных параметров и моделирование дорожного движения [1; 4]. Такая подготовка обусловлена не только сложностью самой задачи, но множеством ограничений, касающихся конкретных условий движения, расположения остановочных пунктов, длины пешеходного перехода, частоты движения автобусов.

### Модельные эксперименты

С целью исследовать особенности функционирования ПППД мы провели модельные эксперименты для различных условий движения.

Как правило, наиболее сложно реализовать принцип ПППД на улицах с двумя полосами движения в одном направлении. Применительно к этому варианту были рассмотрены следующие сценарии:

- базовый — с движением автобусов без приоритета;
- с постоянной полосой приоритетного движения;
- с ПППД.

Поскольку в программах микромоделирования отсутствуют стандартные возможности моделирования движения на ПППД, для программного обеспечения AIMSUN была разработана дополнительная программа, выполняющая следующие функции:

- идентификацию автобусов и индивидуальных автомобилей;
- организацию движения транспортного потока при отсутствии автобусов;
- оценку местоположения автобусов относительно начала и окончания приоритетной полосы;
- закрытие полосы для индивидуальных автомобилей таким образом, чтобы уже находящиеся на ней автомобили освободили путь автобусам (рис. 1).

Необходимость сформулировать основные условия реализации таких проектов обуславливает одну из целей моделирования, которая заключается в том, чтобы определить влияние интенсивности транспортного потока на эффективность функционирования ПППД.

Результаты изменения скорости транспортного потока в зависимости от интенсивности движения применительно к трем избранным сценариям представлены на рис. 2.

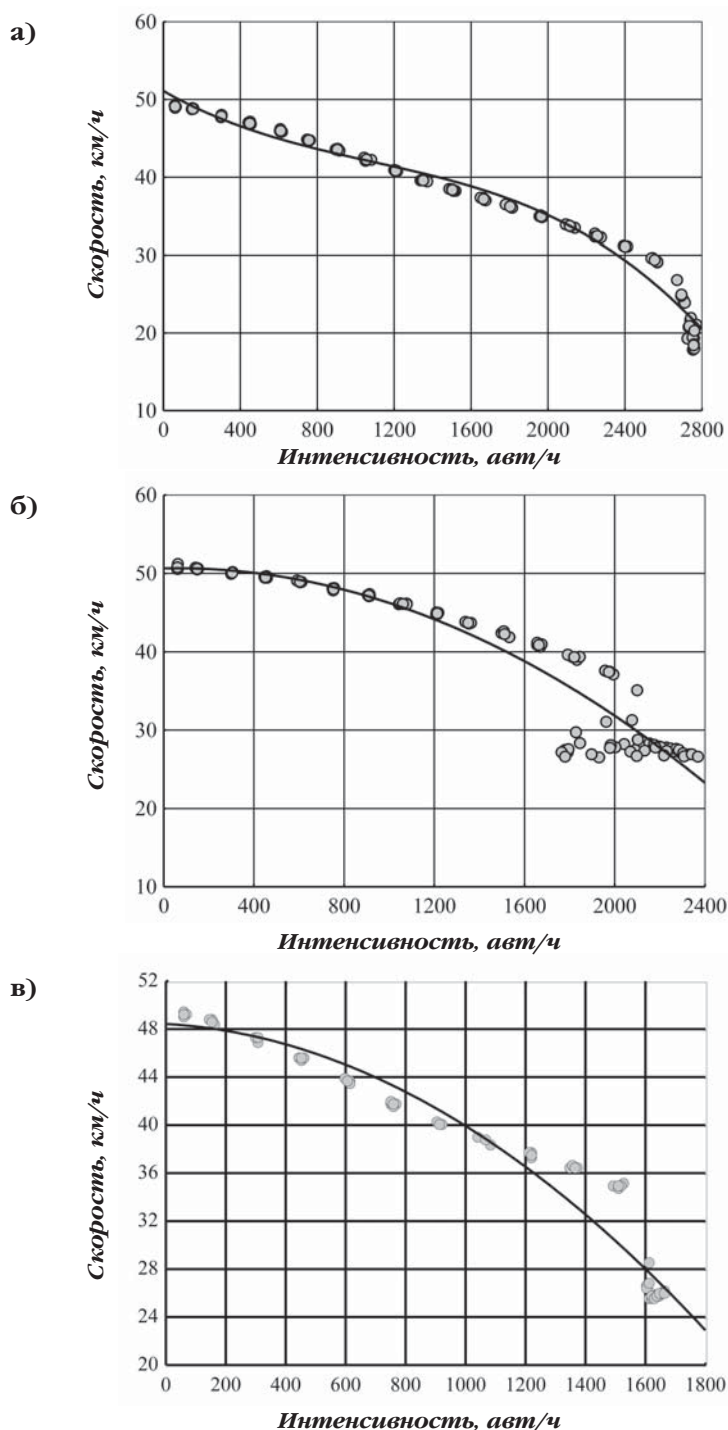


Рис. 2. Зависимости между интенсивностью движения и скоростью транспортного потока для различных сценариев: а) без приоритетной полосы; б) с ПППД; в) с постоянной полосой приоритетного движения

Зависимости между интенсивностью движения и скоростью транспорта имеют следующий вид:

● для базового сценария:  

$$v = 51,1 - 0,14q + 0,785 \times 10^{-5}q^2 - 0,24 \times 10^{-8}q^3, r = 0,989, \quad (1)$$

● для сценария с ПППД:  

$$v = 50,64 + 0,599 \times 10^{-3}q - 0,5 \times 10^{-5}q^2, r = 0,981, \quad (2)$$

● для сценария организации движения с постоянной полосой приоритетного движения:  

$$v = 48,44 - 0,0014q - 0,71 \times 10^{-5}q^2, r = 0,984. \quad (3)$$

Полученные данные позволяют убедиться, что в сценарии с ПППД интенсивность движения выше, чем в сценарии с постоянной приоритетной полосой. Кроме того, когда интенсивность движения достигает определенного показателя, происходит резкое падение скорости. Следовательно, важно определить критическую интенсивность движения транспортного потока в зависимости от частоты движения автобусов: она является одним из основных факторов, ограничивающих внедрение ПППД.

Такая зависимость имеет следующий вид:

$$v = 23,14 - 0,0411q_{bus} + 0,52 \times 10^{-3}q - 0,0085q_{bus}^2 - 0,83 \times 10^{-6}q^2, \quad (4)$$

где  $v_{bus}$  — скорость автобусов, км/ч;

$q$  — интенсивность транспортного потока, авт/ч;

$q_{bus}$  — частота движения автобусов, ед/ч.

Графическая интерпретация этой зависимости приведена на рис. 3.

На основании полученных данных был определен критический уровень транспортной нагрузки для различной частоты движения автобусов (см. табл.). Ключевым параметром здесь является интенсивность движения, которая вызывает резкое падение скорости автобусов и транспортного потока.

Критическая интенсивность движения постоянно снижается при увеличении частоты движения автобусов, но скорость автобусов остается постоянной. Скорость движения автобусов повышается на 10–25 % при введении ПППД.

### Исследование реальной ситуации

После модельных экспериментов общеметодологического характера были исследованы возможности организации ПППД на реальном участке дороги — отрезке ул. Шеболдаева (г. Ростов-на-Дону) длиной около 1 км с односторонним движением и двумя регулируемые пересечениями.

Максимальная интенсивность движения здесь достигает 2500 авт/ч, частота движения автобусов составляет 20–30 ед/ч. По данным транспортных детекторов была получена информация об изменении интенсивности движения по часам суток (рис. 4).

Для создания и калибровки модели также необходимы полные данные о режимах работы автобусов на исследуемом участке сети. По результатам мониторинга движения автобусов в режиме реального времени была получена информация о распределении скорости автобусов при прохождении участка моделирования. Распределение скорости является нормальным, если ее среднее значение — 22,5 км/ч. Кроме того, были получены данные о времени нахождения автобусов на остановочных пунктах на ул. Шеболдаева, которое подчиняется логарифмически нормальному распределению (рис. 5). Эти данные были использованы при калибровке модели.

В результате моделирования для исследуемого участка на ул. Шеболдаева получен полный набор параметров,

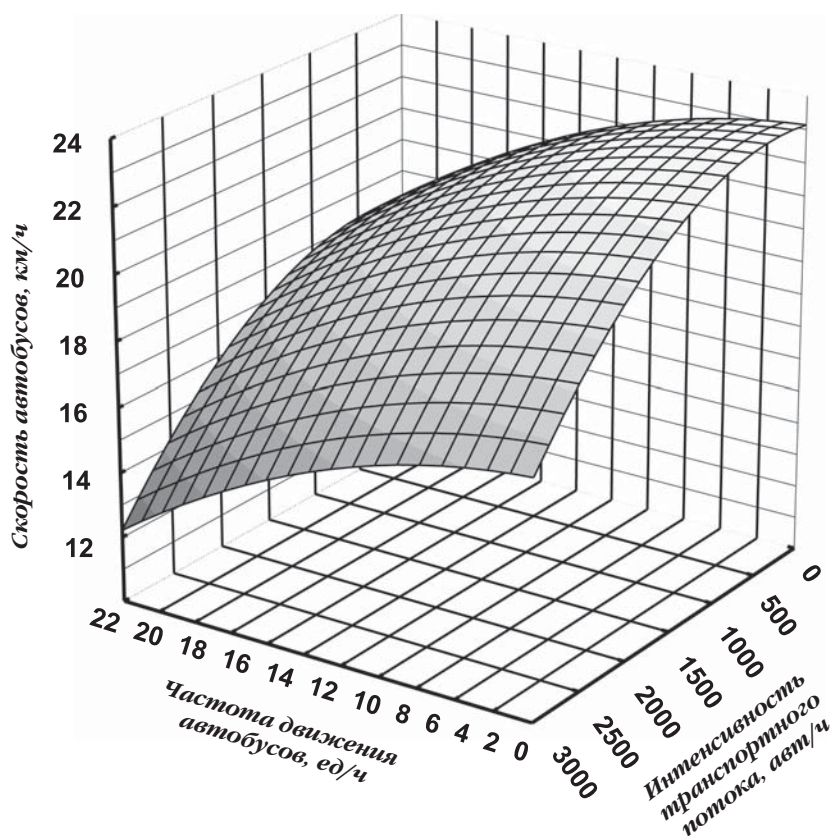


Рис. 3. Влияние интенсивности транспортного потока на скорость автобусов при различной частоте движения автобусов по приоритетной полосе прерывного действия

Таблица. Критическая интенсивность движения для организации приоритетных полос прерывного действия

Критическая интенсивность движения для двух полос, авт/ч	Частота движения автобусов, ед/ч	Скорость автобусов, км/ч	Скорость индивидуальных автомобилей, км/ч
2700	2	21,4	34,1
2550	4	21,3	35,1
2550	6	21,3	33,2
2400	8	21,0	33,7
2250	10	21,5	35,1
2100	12	21,5	36,5
1950	16	21,5	37,4
1500	20	21,4	40,9

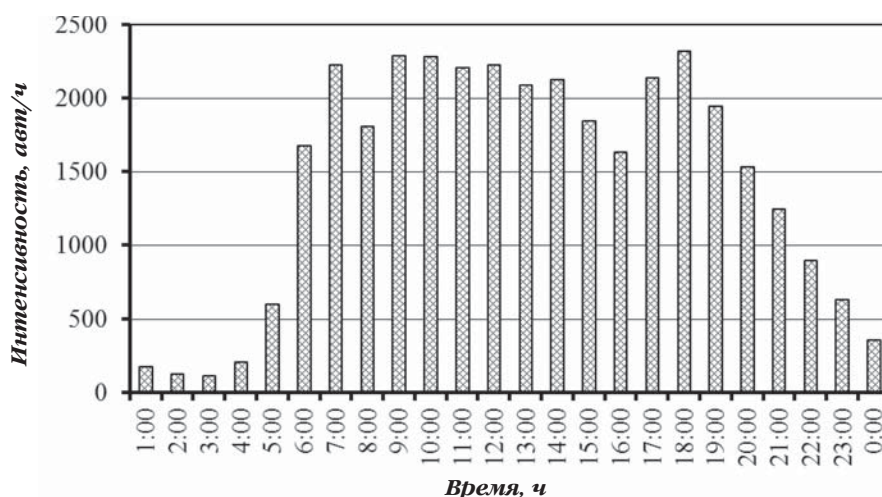


Рис. 4. Изменение интенсивности движения на участке исследования



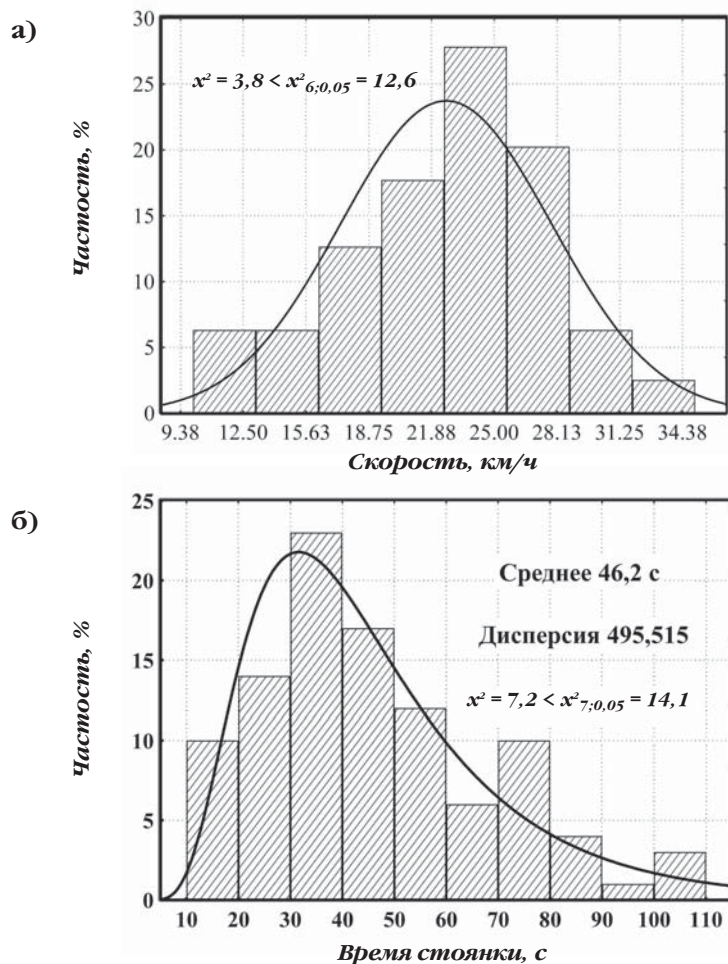


Рис. 5. Распределение скорости движения автобуса (а) и его времени нахождения на остановочном пункте (б)

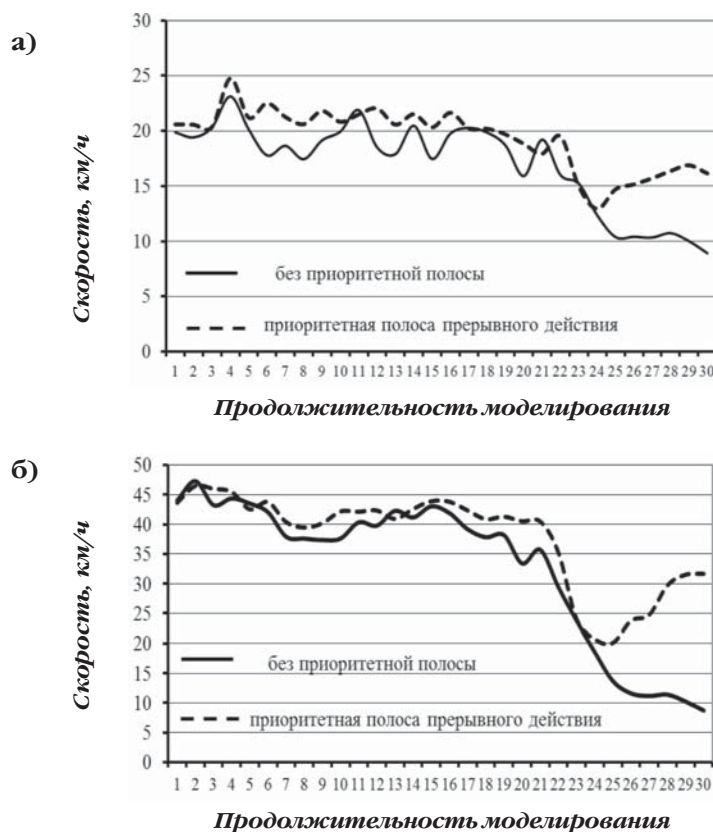


Рис. 6. Результаты моделирования для ул. Шеболдаева (1 шаг = 10 мин), скорость: а) автобусов; б) транспортного потока.

позволяющих оценить эффективность введения ПППД: интенсивность движения транспортного потока, скорость автобусов и транспортного потока, длительность задержек.

Моделирование выполнялось для сценария изменения реальных данных по интенсивности движения с резкими изменениями нагрузки в пиковые периоды. Изменение скорости движения транспортного потока и автобусов для различных сценариев приведено на рис. 6.

Результаты моделирования показывают, что введение ПППД является эффективной мерой, обеспечивающей увеличение скорости автобусов на 10–25 % по сравнению с движением по стандартному маршруту. При этом пока загрузка не достигнет уровня 0,7 от максимальной, условия движения индивидуального транспорта не ухудшаются.

В заключение следует подчеркнуть, что выбор участков улично-дорожной сети, на которых предполагается создать ПППД, должен быть тщательным, предваряться соответствующими исследованиями и моделированием, позволяющими определить оптимальные параметры организации движения. Одним из обязательных условий является также наличие компонентов ИТС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зырянов В. В., Кочерга В. Г., Поздняков М. Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт РФ. 2011. № 1.
2. Balke K., Urbanik D., Conrad L. Development and Evaluation of Intelligent Bus Priority Concept // Transp. Res. Rec. 2000. N 1727.
3. Currie G., Lai H. Intermittent and Dynamic Transit Lanes Melbourne, Australia, Experience // Transp. Res. Rec. 2008. N 2072.
4. Eichler M., Daganzo C. F. Bus lanes with intermittent priority: Strategy formulae and an evaluation // Transp. Res. Part B: Methodol. 2006. N 40.
5. Viegas J., Roque R., Lu B., Vieira J. Intermittent Bus Lane System: Demonstration in Lisbon, Portugal / Presented at 86th Annual Meeting of the Transp. Res. Board, Washington, D.C. 2007.
6. Viegas J., Lu B. Widening the Scope for Bus Priority with Intermittent Bus Lanes // Transp. Plann. Technol. 2001. Vol. 24.
7. Zyryanov V. Simulation of impact of components of ITS on congested traffic states / Proc. 7th Europ. Congr. Intell. Transp. Syst.: ITS for Sustainable Mobility. Geneva, Switzerland, 2008. № 2694.
8. Zyryanov V., Mironchuk A. Simulation study of intermittent bus lane and bus signal priority strategy // Transp. Res. Arena — Europe 2012. Procedia — Soc. Behav. Sci. 2012. N 48.