

УДК 656.13

УСЛОВИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ СОВМЕЩЕННОЙ ВЫДЕЛЕННОЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Корнеева А. Н.¹, студент группы 8Сад-31, II курс, Борисенков Е. С.², студент группы МТЛ-201, II курс

Научный руководитель: Грефенштейн А. П.², к. т. н., доцент

¹Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул

²Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Известно, что улучшение функционирования дорожно-транспортного комплекса крупного города, в первую очередь, должно основываться на увеличении провозной способности имеющихся инфраструктурных объектов [1], так как бесконечно наращивать полосы проезжей части не представляется возможным. Предоставление приоритетного права проезда общественному транспорту (ОТ) путем создания выделенных полос является одним из наиболее эффективных способов увеличения провозной способности существующей улично-дорожной сети (УДС) [1, 2].

В отечественных исследованиях «оценка эффективности выделенных полос» выполняется, как правило, по показателям скорости движения трафика, затрат времени пассажиров, в том числе в стоимостном выражении (руб.), и загруженности элементов УДС [3]. Таким образом, эффективность полос обусловлена принципом разделения потоков индивидуального и общественного транспорта и повышения привлекательности поездок на трамвае, автобусе, троллейбусе и т. д.

В европейских городах, а также в России в Санкт-Петербурге, Перми есть совмещенные выделенные полосы для трамвайно-автобусного движения. Среди достоинств, теоретических преимуществ совмещенных полос выделяют:

- 1) увеличение скорости движения общественного транспорта, потому что совмещенные полосы позволяют трамваям, троллейбусам и автобусам избегать заторов, «узких мест» на проезжей части, что сокращает время в пути горожан;
- 2) экономия ресурсов городского поселения, потому что не требуется сооружения отдельных полос для каждого вида транспорта;
- 3) улучшение доступа жителей к общественному транспорту, потому что конструкция совмещенной полосы обеспечивает более удобный, безопасный доступ людей к остановкам.

Цель данной статьи заключается в описании алгоритма, подхода по оценке целесообразности организации совмещенной выделенной полосы.

Объект исследования – элементы УДС крупного города. Предмет исследования – скорость движения транспортного потока в результате создания совмещенной выделенной полосы. Пример таких полос приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. Пример организации совмещенных выделенных полос (из открытых источников)

Стоит подчеркнуть, что исследование направлено на обоснование совмещения трамвайного и автобусного движения на существующих путях, а не на оценку целесообразности прокладки новых рельсовых путей в границах существующей УДС с совмещением видов движения.

Воспользуемся подходом авторов [4, 5] для условия целесообразности создания совмещенной выделенной полосы.

Суммарные задержки пассажиро-секунд при движении транспорта в общем потоке до создания выделенных полос могут быть найдены из соотношения (1):

$$T_1 = q_i \cdot w_{\text{ЛА}} \cdot (t_{\text{пик}} - t_i^{\text{CB}}) + Q_o \cdot (t_{\text{пик}} - t_o^{\text{CB}}), \quad (1)$$

где q_i – интенсивность движения индивидуальных автомобилей на заданном участке, ТС/ч;

$w_{\text{ЛА}}$ – среднее число пассажиров индивидуальных автомобилей, чел.;

Q_o – пассажиропоток, перевозимый ОТ (автобус, троллейбус) на заданном участке УДС, чел.;

$t_{\text{пик}}$ – время прохождения заданного участка в загруженной сети, с;

t_i^{CB} – время прохождения заданного участка индивидуальным транспортом в свободной сети, с;

t_o^{CB} – время прохождения заданного участка ОТ (автобус, троллейбус) в свободной сети, с.

Суммарные задержки пассажиро-секунд после создания выделенных полос могут быть найдены из соотношения (2):

$$T_2 = q_i \cdot w_{\text{ЛА}} \cdot (t_{akt}^i - t_i^{\text{CB}}) + Q_o \cdot (t_{akt}^o - t_o^{\text{CB}}) + Q_t \cdot (t_{akt}^t - t_t^{\text{CB}}), \quad (2)$$

где t_{akt}^i – актуальное время прохождения участка УДС в загруженной сети для ИТ, с;

t_{akt}^o, t_{akt}^t – актуальное время прохождения участка УДС в загруженной сети для ОТ в виде автобусов и троллейбусов и ОТ в виде трамваев, соответственно, с;

Q_t – пассажиропоток, перевозимый ОТ (трамвай) на заданном участке УДС, чел.;

t_t^{CB} – время прохождения заданного участка ОТ (трамвай) в свободной сети, с.

Известно, что выделенная полоса для ОТ окажется целесообразной, если суммарные задержки в движении всех участников окажутся меньше задержек, которые наблюдаются при движении ОТ в общем потоке ТС, то есть при $T_1 \geq T_2$ или $T_1 - T_2 \geq 0$.

Тогда:

$$T_1 - T_2 = q_i \cdot w_{\text{ЛА}} \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}^i) + Q_o \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}^o) - Q_t \cdot (t_{akt}^t - t_t^{\text{CB}}), \quad (3)$$

Важно отметить, что в условиях совмещения трамвайного и автобусного движения:

1) сужать проезжую часть для индивидуальных автомобилей не потребуется, поэтому загрузка «общей» проезжей части снизится, и время движения сократится, соответственно, справедливо, что $t_{\text{пик}} > t_{akt}^i$;

2) общественный транспорт будет двигаться в «отдельном» потоке совместно, поэтому поток автобусов, троллейбусов и трамваев можно рассматривать единым, соответственно, справедливо, что $t_{akt}^o = t_{akt}^t$.

Учитывая вышесказанное, в формуле (3) заменим обе переменные t_{akt}^o, t_{akt}^t на t_{akt} и получим выражение (4):

$$T_1 - T_2 = q_i \cdot w_{\text{ЛА}} \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}^i) + Q_o \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}) - Q_t \cdot (t_{akt} - t_t^{\text{CB}}) \geq 0, \quad (4)$$

$$q_i \cdot w_{\text{ЛА}} \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}^i) + Q_o \cdot (t_{\text{пик}} - t_{akt}) \geq Q_t \cdot (t_{akt} - t_t^{\text{CB}}). \quad (5)$$

Отметим еще раз, что:

1) суммарные пассажиро-секунды экономии у людей в индивидуальных автомобилях всегда положительны;

2) теоретически возможны ситуации, когда время движения автобусов в результате введения полосы увеличится, то есть $t_{\text{пик}} < t_{akt}^o$.

Вывод: если у пассажиров автобусов и индивидуальных автомобилей общая экономия пассажиро-секунд окажется больше, чем суммарные пассажиро-секунды задержек у пассажиров трамваев, тогда совмещенная выделенная полоса целесообразна.

Выражение (5) может быть правдиво, когда пассажиропоток на автобусах и троллейбусах превышает трамвайный. В таком случае совмещенная полоса, в первую очередь, ускоряет автобусный и троллейбусный парк, который больше не эксплуатируется в общем потоке. И наоборот, когда наибольший пассажиропоток принадлежит трамваю, который уже до создания совмещенной полосы функционирует обособленно, ее введение может оказаться сомнительным решением.

Для поиска необходимых переменных величин настоящей методики целесообразно использовать нормативные документы (для натурных исследований).

1. При определении величины q_i соблюдают требования ГОСТ 32965-2014, в котором указаны основные принципы и общие правила проведения исследования.

2. Величины $t_{\text{пик}}$ и t_t^{cb} фиксируются через онлайн-сервисы движения общественного транспорта, которые отображают на устройствах (например, мониторе компьютера) движение ОТ по карте УДС города в реальном масштабе времени. Запись движения можно проводить при помощи любой программы «захвата» экрана.

3. Величины t_{akt} и t_{akt}^i рассчитываются с помощью формул из [1, 5].

4. Величины пассажиропотоков Q_o и Q_t определяются данными, полученными по запросам к перевозчикам от администрации города, или с помощью исследования пассажиропотоков натурным методом на основе подходов, которыми на практике ранее пользовались научные, образовательные организации.

Список литературы:

1. Павлов, С. Н. Совершенствование методики оценки целесообразности введения выделенной полосы в крупных городах / С. Н. Павлов, А. П. Грефенштейн // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4(55). – С. 19-25.
2. Жиркова, А.А. Обоснование введения выделенных полос для маршрутного пассажирского транспорта / А. А. Жиркова, К. А. Басов, В. Ю. Ивлев, П. А. Титова // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 1-2(22). – С. 52-55.
3. Бояршинов, М. Г. Фурье-анализ интенсивности транспортного потока / М. Г. Бояршинов, А. С. Вавилин, А. Г. Шумков // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 4. – С. 46-59.
4. Якимов, М. Р. Методология обоснования целесообразности выделения обособленных полос для движения общественного транспорта на улично-дорожной сети крупного города / М. Р. Якимов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2011. – № 2(25). – С. 90а-95.
5. Pavlov, S. Improvement of methods of expediency assessment with regard to dedicated traffic lane establishing in large cities / S. Pavlov, A. Rebrova // Transportation Research Procedia, Saint Petersburg, 27–29 сентября 2018 года. Vol. 36. – Saint Petersburg: Elsevier B.V., 2018. – P. 556-561.