

УДК 656.13

*С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, С. В. СКИРКОВСКИЙ, старший преподаватель, С. Л. ЛАПСКИЙ, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; В. Н. СТУКАЧЕВ, кандидат технических наук, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», г. Минск*

## СНИЖЕНИЕ ЗАДЕРЖЕК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ ПРИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ ПАССАЖИРОВ В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ

В настоящее время экономическое состояние пассажирских автотранспортных предприятий нельзя назвать удовлетворительным. Значительный износ транспортных средств, ремонтной базы, несоответствие структуры парка подвижного состава сложившемуся спросу на перевозки и нерациональная организация перевозочного процесса являются характерными признаками условий работы пассажирских предприятий автомобильного транспорта. В то же время пассажирские городские перевозки являются стратегически важной отраслью народного хозяйства нашей страны. От качества транспортного обслуживания населения зависит и производительность труда, и психофизиологическое состояние пассажиров, и социальные настроения в целом. Качественное удовлетворение спроса на городские пассажирские перевозки является одной из составляющих успешного экономического развития города или региона.

В данной статье производится исследование задержек пассажирского транспорта общественного пользования на остановочных пунктах г. Гомеля с целью получения статистических характеристик параметров его простоя, выявления их закономерностей и на основе этого выработки предложений по снижению времени простоя маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов.

**Р**АУП «Гомельоблавтотранс» за 2008 г. перевезено более 220 млн пассажиров. По состоянию на 1 января 2009 года в Гомельской области насчитывалось 708 автобусных маршрутов общей протяженностью 45,2 тысячи километров. Городским электрическим транспортом Гомеля за 2008 год перевезено 100,6 млн пассажиров.

Каждый человек в той или иной степени пользуется услугами пассажирского транспорта общего пользования, от качества работы которого зависят производительность труда, психофизиологическое состояние пассажиров и социальные настроения в целом.

В настоящее время простои маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов относительно регламентированы «Правилами автомобильных перевозок пассажиров». Пункт 222 указанного нормативного акта гласит: «Член экипажа транспортного средства (водитель, кондуктор) в соответствии со своими полномочиями обязан: при автомобильных перевозках пассажиров в регулярном сообщении обеспечивать движение строго по маршруту с посадкой-высадкой пассажиров в установленных для этого местах после полной остановки у передней границы остановочного пункта маршрута (или как можно ближе к ней) в пределах остановочного пункта вдоль продольного края посадочной площадки или тротуара (не далее 0,3 м по горизонтали от продольного края посадочной площадки или тротуара улицы населенного пункта или дороги до подножки автобуса)» [1]. Однако это требование далеко не все-

гда соблюдается. Кроме того, ни в одном нормативном акте не регламентируется время простоя маршрутного транспортного средства в зоне остановочных пунктов. Негативные результаты этого ощущает на себе каждый пассажир:

1 Водители маршрутных транспортных средств зачастую без каких-либо видимых причин простаивают на остановочных пунктах после прекращения посадки-высадки пассажиров.

2 Нередки простои маршрутных транспортных средств в ожидании освобождения остановочного пункта.

3 Неправильное расположение маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах приводит к неоправданным простоям следующих сзади маршрутных транспортных средств и т. д.

Все это позволяет сделать выводы о необходимости проведения исследования времени простоя маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах с целью минимизации потерь при проведении (ожидании проведения) посадки-высадки пассажиров.

В настоящее время в г. Гомеле насчитывается 38 автобусных маршрутов [2]. Общее количество остановочных пунктов – 390. В будние дни автобусами выполняется около 1350 оборотных рейсов, при этом они останавливаются на остановочных пунктах ориентировочно 51600 раз. Количество троллейбусных маршрутов – 26, которые проходят через 200 остановочных пунктов. В будние дни троллейбусы выполняют около 1300 оборотных рейсов, останавливаясь при этом на оста-

новочных пунктах порядка 48770 раз. Количество маршрутов движения микроавтобусов равно 27. Проходят они через 354 остановочных пункта. В будние дни маршрутными такси выполняется около 3720 оборотных рейсов. При этом они следуют через остановочные пункты примерно 151830 раз.

Время простоя маршрутного транспортного средства на остановочном пункте можно определить из выражения

$$t_6 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (1)$$

где  $t_1$  – простои перед остановочным пунктом вследствие его занятости, с;  $t_2$  – простои перед остановочным пунктом вследствие неправильного расположения на нем впереди идущих маршрутных транспортных средств, с;  $t_3$  – простои на остановочном пункте под посадкой-высадкой пассажиров, с;  $t_4$  – простои на остановочном пункте без посадки-высадки пассажиров с открытыми дверями, с;  $t_5$  – простои на остановочном пункте с закрытыми дверями в ожидании освобождения проезда, с.

Параметр  $t_1$  учитывается, когда маршрутное транспортное средство простаивает перед остановочным пунктом, который полностью занят маршрутными транспортными средствами, осуществляющими посадку-высадку пассажиров.

Параметр  $t_2$  принимается в расчет, если маршрутное транспортное средство останавливается для посадки-высадки пассажиров, не доезжая до начала остановочного пункта (рисунок 1). В результате этого сзади идущее маршрутное транспортное средство вынуждено совершить объезд, уступив при этом дорогу транспортным средствам, движущимся по полосе движения, расположенной слева, или ожидать освобождения остановочного пункта.

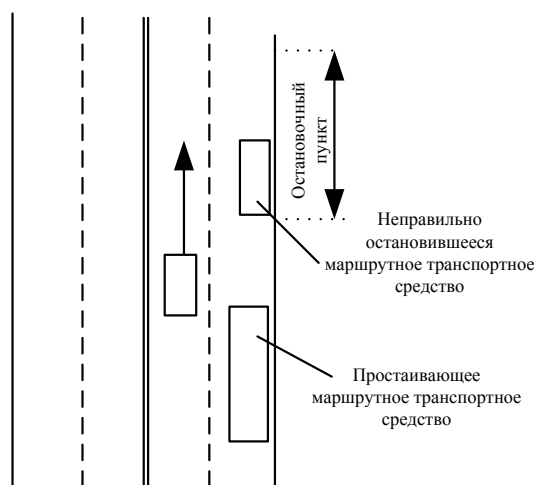


Рисунок 1 – Простои перед остановочным пунктом вследствие неправильного расположения на нем впереди идущих маршрутных транспортных средств

Параметр  $t_3$  связан с простым непосредственно под посадкой-высадкой пассажиров.

Параметр  $t_4$  входит в выражение (1), если посадка-высадка пассажиров уже закончена, но маршрутное транспортное средство простаивает в зоне остановочного пункта с открытыми дверями. Эти простои связаны с проведением контрольно-ревизионных проверок билетов пассажиров; ожиданием смены сигнала светофора, расположенного впереди по ходу движения маршрутного транспортного средства; продажей водителем абонементных талонов и другими причинами.

Параметр  $t_5$  учитывается, когда посадка-высадка пассажиров уже окончена, маршрутное транспортное средство готово отъехать от остановочного пункта, но впереди стоящие маршрутные транспортные средства создают препятствие для движения.

**Метод решения задачи.** Для решения поставленных задач применялись методы математической статистики: описательная статистика исследуемых величин, определение доверительных интервалов математического ожидания, проверка гипотезы о значимости математического ожидания, определение законов распределения исследуемых случайных величин. В качестве исследуемых величин выступают простои маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах ( $t_1 - t_6$ ).

Размер исследуемой выборочной совокупности составил 1725 измерений, произведенных на различных остановочных пунктах г. Гомеля, для различных типов транспортных средств: автобусы и троллейбусы (в том числе сочлененные), микроавтобусы. Результаты определения описательной статистики приведены в таблице 1. Суммарные простои пассажирского транспорта на остановочных пунктах для данной выборки составляют 35 тыс. с, или почти 10 часов. Причем только 60 % из них – это простои под посадкой-высадкой пассажиров. Результаты проверки гипотезы о значении математического ожидания приведены в таблице 2.

Для полученных выборок исследуемых величин не удалось подобрать законов распределений.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что каждое маршрутное транспортное средство в среднем 2,4 с простаивает перед остановочным пунктом вследствие его занятости; 0,4 с – из-за того, что впереди идущие маршрутные транспортные средства остановились, не доезжая до начала остановочного пункта; 12 с – под посадкой-высадкой; 4,1 с – без посадки-высадки с открытыми дверями; 1,3 с – с закры-

тыми дверями в ожидании освобождения проезда. портного средства на остановочном пункте в  
 Общая задержка каждого маршрутного транс- среднем составляет 20 с.

Таблица 1 – Описательная статистика исследуемых величин

| Наименование статистики   | Исследуемая величина |           |             |           |           |             |
|---|----------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|
|   | $t_1$                | $t_2$     | $t_3$       | $t_4$     | $t_5$     | $t_6$       |
| Объем выборки   | 1725                 |           |             |           |           |             |
| Математическое ожидание   | 2,42                 | 0,39      | 12,06       | 4,13      | 1,33      | 20,33       |
| Медиана   | 0,0                  | 0         | 11          | 0         | 0         | 16          |
| Мода  | 0,0                  | 0         | 10          | 0         | 0         | 12          |
| Дисперсия   | 47,28                | 6,48      | 44,3        | 80,99     | 22,35     | 253,5       |
| Среднеквадратическое (стандартное) отклонение                       | 6,88                 | 2,55      | 6,66        | 9         | 4,73      | 15,92       |
| Стандартная ошибка  | 0,17                 | 0,06      | 0,16        | 0,22      | 0,14      | 0,38        |
| Минимальное значение выборки  | 0,0                  | 0         | 0           | 0         | 0         | 0           |
| Максимальное значение выборки                                       | 60                   | 53        | 58          | 97        | 59        | 120         |
| Размах выборки  | 60                   | 53        | 58          | 97        | 59        | 120         |
| Нижний квартиль   | 0                    | 0         | 7           | 0         | 0         | 10          |
| Верхний квартиль  | 0                    | 0         | 16          | 4         | 0         | 25          |
| Межквартильный размах выборки                                       | 0                    | 0         | 9           | 4         | 0         | 15          |
| Коэффициент асимметрии  | 3,81                 | 10,94     | 1,34        | 4,13      | 6,31      | 2,15        |
| Стандартизованный коэффициент асимметрии                            | 64,61                | 185,54    | 22,75       | 69,94     | 106,98    | 36,52       |
| Коэффициент эксцесса  | 16,92                | 161,12    | 3,98        | 22,59     | 49,63     | 6,34        |
| Стандартизованный коэффициент эксцесса                              | 143,45               | 1365,98   | 33,7        | 191,5     | 420,78    | 53,6        |
| Коэффициент вариации, %   | 284,5                | 655,17    | 55,18       | 218,09    | 355,33    | 78,3        |
| Сумма элементов выборки   | 4169                 | 670       | 20807       | 7118      | 2295      | 35072       |
| 95%-ный доверительный интервал для математического ожидания         | 2,09–2,74            | 0,27–0,51 | 11,75–12,38 | 3,7–4,55  | 1,11–1,55 | 19,58–21,08 |
| 95%-ный доверительный интервал для среднеквадратического отклонения | 6,65–7,11            | 2,46–2,63 | 6,44–6,89   | 8,71–9,31 | 4,58–4,89 | 15,41–16,47 |

Таблица 2 – Проверка гипотезы о значении математического ожидания

| Наименование статистики   | Исследуемая величина                                       |                                       |  |                                       |                                       |  |
|---|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
|   | $t_1$  | $t_2$                                 | $t_3$                                  | $t_4$                                 | $t_5$                                 | $t_6$                                  |
| Оценка математического ожидания   | 2,42   | 0,39                                  | 12,06                                  | 4,13                                  | 1,33                                  | 20,33                                  |
| Нулевая гипотеза  | Математическое ожидание равно 2,42                         | Математическое ожидание равно 0,39    | Математическое ожидание равно 12,06    | Математическое ожидание равно 4,13    | Математическое ожидание равно 1,33    | Математическое ожидание равно 20,33    |
| Альтернативная гипотеза   | Математическое ожидание не равно 2,42                      | Математическое ожидание не равно 0,39 | Математическое ожидание не равно 12,06 | Математическое ожидание не равно 4,13 | Математическое ожидание не равно 1,33 | Математическое ожидание не равно 20,33 |
| Расчетное значение $t$ -статистики Стьюдента  | 0,02   | -0,03                                 | 0,01                                   | -0,02                                 | 0,004                                 | 0,004                                  |
| Максимальный уровень значимости, для которого проверяемая гипотеза еще согласуется с результатами испытаний | 0,98   | 0,98                                  | 0,99                                   | 0,99                                  | 0,997                                 | 0,997                                  |
| Вывод   | Для уровня значимости 0,95 нулевая гипотеза не отклоняется |                                       |  |                                       |                                       |  |

Значительные величины дисперсии и среднеквадратического отклонения говорят о большой степени рассеивания исследуемых величин от их математического ожидания. Это дает основание

предположить, что существуют такие признаки, которые не были включены в рассматриваемую выборку, но которые несут явную, значимую информацию. Эти неучтенные параметры называются

скрытыми, а предположение, что именно они влияют на качество анализа, – гипотезой о скрытых параметрах [3, 4]. На основании этого можно сделать предположение, что выборка исследуемых значений будет более однородна внутри некоторых классов. Предположено, что такими классами будет являться время суток. Поэтому проведены исследования изучаемых величин для утреннего и вечернего часа пик. Анализируя полученные при этом результаты, можно сделать вывод о том, что в вечерний час пик задержки маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах больше, чем в утренний час пик. Однако значения дисперсии и среднеквадратического отклонения показывают, что имеет место существенный разброс исследуемых величин относительно математического ожидания.

В рамках выдвинутой гипотезы о скрытых параметрах исследуемых величин можно предположить, что исследуемые величины будут более сгруппированы в рамках иных кластеров – видов транспортных средств (автобус, троллейбус, микроавтобус). Проведенное исследование задержек маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах по видам маршрутных транспортных средств показывает, что наименьшие составляющие суммарного простоя на остановочном пункте наблюдаются у микроавтобусов. Это связано с их мобильностью, обусловленной сравнительно небольшими габаритными размерами. Следует отдельно отметить, что время простоя троллейбуса на остановочном пункте без посадки-высадки с открытыми дверями в три раза больше аналогичного параметра для автобусов.

Кластеризация данных по видам маршрутных транспортных средств позволила несколько снизить показатели рассеивания (дисперсию и среднеквадратическое отклонение). Тем не менее, значения дисперсии и среднеквадратического отклонения показывают значительный разброс данных относительно средних значений. Это позволяет сделать вывод о том, что существуют иные параметры, влияющие на продолжительность простоя маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах, и обосновывает необходимость проведения дальнейших исследований.

Проведенные исследования позволили определить среднее суммарное время задержки на остановочном пункте каждого маршрутного транспортного средства, равное 20,3 с. При этом в утренний час пик средняя задержка на две секунды меньше средней задержки в вечерний час пик. Кластеризация данных по видам транспортных средств позволяет констатировать, что наимень-

шие задержки на остановочных пунктах наблюдаются у микроавтобусов. Также очевидно, что у троллейбусов время простоя на остановочном пункте после посадки-высадки с открытыми дверями в разы больше аналогичных параметров для автобусов и микроавтобусов. Это связано с продажей билетов водителями троллейбусов на остановочных пунктах, а также проведением ревизионных проверок наличия проездных билетов у пассажиров. Среднее время непроизводительного простоя каждого маршрутного транспортного средства на одном остановочном пункте, не связанное с посадкой-высадкой пассажиров ( $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ ) составляет:

12,5 с – для троллейбусов;

7 с – для автобусов;

2,3 с – для микроавтобусов.

Если учесть, что водителю для оценки дорожной обстановки перед началом движения необходимо около двух секунд, то на каждом остановочном пункте в среднем задержки составляют:

10,5 с – для троллейбусов;

5 с – для автобусов;

0,3 с – для микроавтобусов.

Большие значения дисперсии и среднеквадратического отклонения исследуемых статистических величин показывают значительное рассеивание элементов выборок относительно их среднего значения. Это позволяет сделать вывод о необходимости продолжить исследования задержек маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах, учитывая при этом такие факторы, как интенсивность движения транспортных средств и маршрутных транспортных средств, геометрические размеры остановочных пунктов, наличие и удаление от остановочных пунктов светофоров и пешеходных переходов, наличие «карманов» и т. д.

С целью уменьшения суммарного времени простоя маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах ( $t_6$ ) необходимо:

1 Запретить продажу проездных билетов водителями троллейбусов на остановочных пунктах (уменьшится  $t_4$ ).

2 Организовать контрольно-ревизионные проверки наличия проездных билетов на перегонах, а не на остановочных пунктах (уменьшится  $t_4$ ).

3 Пересмотреть расписание движения маршрутных транспортных средств с учетом оптимизации интервалов между следующим друг за другом маршрутным транспортным средством (уменьшатся  $t_1$  и  $t_5$ ).

4 Законодательно (в Правилах дорожного движения) закрепить следующие нормы:

4.1 Маршрутное транспортное средство должно останавливаться для посадки-высадки пассажи-

ров как можно ближе к началу остановочного пункта (уменьшится  $t_2$ ).

4.2 Водителю маршрутного транспортного средства разрешено простаивать в зоне остановочного пункта маршрутного транспортного средства только для осуществления посадки-высадки пассажиров, а также с целью ожидания освобождения остановочного пункта (уменьшатся  $t_1$ ,  $t_4$  и  $t_5$ ).

Реализация предлагаемых мероприятий позволит сократить среднесуточную продолжительность простоев в будний день, не связанных с посадкой-высадкой пассажиров ( $t_1 + t_2 + t_4 + t_5$ ):

- для троллейбусов:  $48770 \cdot 10,5 / 3600 = 142,3$  ч;
- для автобусов:  $51600 \cdot 5 / 3600 = 71,7$  ч;
- для микроавтобусов:  $151830 \cdot 0,3 / 3600 = 12,7$  ч.

Таким образом, реализация предложенных мероприятий, направленных на ликвидацию непроизводительных простоев на остановочных пунктах, позволит в среднем сэкономить порядка 226 часов за каждый будний день. Средняя вместимость одного автобуса составляет 125, троллейбуса – 115, микроавтобуса – 13 пассажиров. Результаты последних исследований автобусных перевозок в г. Гомеле показывают, что средний коэффициент использования вместимости автобусов равен 0,4. Предположив, что такая же степень использования вместимости будет у троллейбусов и микроавтобусов, можно определить, что реализация предлагаемых мероприятий позволит за сутки сэкономить более 10190 пас·ч, что эквивалентно 2,9 млн пас·ч за год.

Анализ работы пассажирского транспорта на городских маршрутах г. Гомеля позволил выявить наличие резервов повышения скорости доставки пассажиров за счет сокращения простоев,

Получено 20.09.2009

**S. A. Azemsha, S. V. Skirkovskiy, S. L. Lapskiy, V. N. Stukachev.** Working out of actions for decrease in delays of public passenger transport on stopping points.

Now it is impossible to name an economic condition of the passenger motor transportation enterprises satisfactory. The deterioration of a rolling stock, repair base, discrepancy of structure of park of a rolling stock to the developed demand for transportations and the irrational organisation of transportation process are characteristic signs of working conditions of the passenger enterprises of motor transport. During too time passenger city transportations are strategically important branch of a national economy of our country. On quality of transport service of the population depends both labor productivity, and a psychophysiological condition of passengers, and social moods as a whole. The qualitative satisfaction of demand for city passenger transportations is one of components of successful economic development of a city or region.

In given article research of delays of passenger transport of public using on stopping points of Gomel is made. A research objective is reception of statistical characteristics of parameters of idle time of passenger transport on stopping points, revealing of their laws and, on the basis of it, development of offers on decrease in an idle time of routing vehicles in a zone of stopping points.

связанных с осуществлением посадки-высадки. В ходе исследования было проанализировано 1725 остановок маршрутных транспортных средств на различных остановочных пунктах. Установлено, что среднее время простоя каждого маршрутного транспортного средства на одном остановочном пункте, не связанного с посадкой-высадкой пассажиров, составляет: 10,5 с – для троллейбусов, 5 с – для автобусов, 0,3 с – для микроавтобусов. Для снижения указанных простоев предложен ряд мероприятий нормативного характера, т. е. рекомендованы положения нормативных актов, регламентирующих работу водителей пассажирского транспорта регулярного сообщения в зоне остановочных пунктов.

Реализация предложенных мероприятий позволит без капитальных вложений сэкономить в г. Гомеле за каждый будний день порядка 226 часов. Это будет эквивалентно экономии 2,9 млн пас·ч за год только в будние дни.

#### Список литературы

- 1 О некоторых вопросах автомобильных перевозок пассажиров : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 июня 2008 г., № 972 // Эталон – Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2009.
- 2 Транспорт в Гомеле [Электронный ресурс]. – Гомель, 2009. – Режим доступа: <http://gomeltrans.net/> – Дата доступа: 25.01.2006.
- 3 **Кирдин, А. Н.** Скрытые параметры и транспонированная регрессия / А. Н. Кирдин [и др.] // Нейроинформатика. – Новосибирск, 1998. – Гл. 7. – С. 119–142.
- 4 **Горбань, А. Н.** Проблема скрытых параметров и задачи транспонированной регрессии / А. Н. Горбань // Нейроинформатика и ее приложения : тез. докл. V Всероссийского семинара. – Красноярск : КГТУ, 1997. – С. 57–58.