Поступила 13.02.2013

УДК 656.13.05

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СТОЯНКЕ МАРШРУТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫСАДКИ И ПОСАДКИ ПАССАЖИРОВ

САМОЙЛОВИЧ Т. Н.

Белорусский национальный технический университет

Пропускная способность остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ) является важным показателем эффективности работы ОП. Величина, обратная пропускной способности, – время обслуживания маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС) на ОП – включает следующие составляющие:

- время ожидания в очереди (может отсутствовать или присутствовать ожидание на подъезд при отсутствии МПТС на ОП МПТ);
- время безопасного маневрирования перед ОП МПТ;
- время открытия дверей;
- время высадки/посадки пассажиров;
- время закрытия дверей;
- время ожидания приемлемого интервала для выезда (может отсутствовать);
- время слияния с транспортным потоком.

В статье рассматривается время стоянки МПТС на ОП МПТ, включающее время открытия и закрытия дверей, выход и вход пассажиров. В некоторых исследованиях авторы разделяют время открытия и закрытия дверей. Так, в [1] на основании экспериментальных данных установлено среднее время открытия дверей, которое равняется 1,95 с для автобусов особо малого класса и 1,55 с – для автобусов с гидравлическим приводом, а закрытия – 1,35 и 1,93 с соответственно. В [2] использованы следующие данные: 1,5–2,0 с – время, затрачиваемое на открытие дверей автобуса; 2,0–3,0 с – время, затрачиваемое на закрытие дверей автобуса, принятое по [3].

В [4] время открытия и закрытия дверей не выделено, а общее время посадки-высадки пассажиров рассчитывается по формуле (1)

$$t_{\text{п–в}} = \frac{\left(A_{\text{вош}} + A_{\text{выш}}\right) t_{\text{пас}} k_{\text{нд}}}{N_{\text{мтс}} d}, \qquad (1)$$

где $A_{\text{вош}}$, $A_{\text{выш}}$ – количество вошедших и вышедших пассажиров, пас./ч; $t_{\text{пас}}$ – время посадки-высадки пассажира ($t_{\text{пас}}$ = 1,2 с), с; $k_{\text{нд}}$ – коэффициент неравномерности посадки и высадки пассажиров по дверям маршрутного ТС ($k_{\text{нд}}$ = 1,2); d – количество дверей для входа и выхода пассажиров; $N_{\text{мтс}}$ – интенсивность движения маршрутных ТС, авт./ч.

Время стоянки транспортного средства на остановочном пункте $t_{\text{оп}}$ = 15–30 с без выделения времени открытия и закрытия дверей МПТС использовано в [5].

В модели исследования [6] время обслуживания МПТС на ОП МПТ обозначается τ и включает время: открытия и закрытия дверей, высадки и посадки пассажиров, замедления и разгона (условно принято одинаковым) ТС. Среднее время стоянки МПТС на ОП МПТ на исследуемом маршруте получилось равным 33,6 с.

Были проведены исследования для определения длительности операций при стоянке МПТС на ОП МПТ для высадки и посадки пассажиров. Замеры проводили как изнутри одного МПТС на протяжении нескольких остановок, так и снаружи у различных МПТС.

События фиксировали камерой разрешением 1,3 мп, затем видео конвертировали в формат .avi (изначальный .3gp), и в программе movie maker (стандартное приложение Windows) просматривали каждое открытие и закрытие дверей МПТС с регистрацией времени начала и конца операции (для покадрового просмотра использовали сочетание клавиш alt + ⇒ или alt + ⇐). После этого в файл Excel были занесены длительности операций; дальнейшую обработку осуществляли в программе SPSS Pasw Statistic 18. Камеру располагали перпендикулярно подъезжающим МПТС, если замеры проводили снаружи, и под углом не более 45°, – если изнутри МПТС.

Маршрутные такси останавливаются в начале или перед началом ОП МПТ (начало ОП МПТ либо выделено конструктивно, либо обозначено знаком 5.12.1, либо начало ОП МПТ соответствует началу отгона уширения). Если МПТС не простаивает в ожидании пассажиров, то время стоянки состоит из времени: открытия и закрытия дверей, высадки и посадки пассажиров, между их высадкой и посадкой. Для того чтобы показать существенность учета длительности каждой из этих операций, было сделано по 40 замеров высадки-посадки пассажиров из (в) маршрутного(е) такси.

Марку маршрутных такси не учитывали, так как существенная разница во времени при открытии двери с шарнирным креплением и сдвижной двери не выявлена. При этом не учитывали и разницу в посадке-высадке в маршрутные такси с местами для сидения рядом с водителем, где есть отдельная дверь (разница также не существенна – за счет высоты подъема пассажира в кабину время посадки не меняется).

Фиксировали время от начала остановки МПТС до начала движения. Зная, сколько времени тратится на стоянку маршрутного такси при высадке и посадке одного пассажира, можно рассчитать его время высадки и посадки

$$t_{\text{ст}\,n} = t_{\text{откр}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{пас}} n, \qquad (2)$$

где $t_{\text{ст}\,n}$ – время стоянки при посадке или высадке n пассажиров (в рассматриваемом случае $n = 1$), с; $t_{\text{откр}}$ и $t_{\text{закр}}$ – соответственно время открытия и закрытия двери маршрутного такси, с; $t_{\text{пас}}$ – время высадки или посадки одного пассажира, с; n – количество пассажиров, чел.

Из 40 случаев входа было четыре случая посадки одного пассажира. Из 40 случаев выхода – шесть высадки одного пассажира.

С помощью программы SPSS Pasw Statistics 18 получаем результаты, приведенные в табл. 1 и 2.

Как видно из табл. 1 и 2, среднее время стоянки при посадке одного пассажира равно 5,07 с, среднее время стоянки при высадке одного пассажира – 5,05 с. Время посадки или высадки одного пассажира можно описать следующим образом:

$$t_{\text{пас}} = \frac{t_{\text{ст}\,n} - t_{\text{ст}\,1}}{n-1}, \quad n > 1, \qquad (3)$$

где $t_{\text{ст}1}$ – время стоянки при посадке или высадке одного пассажира, с.

Таблица 1

Расчет статистических параметров во время стоянки при посадке одного пассажира

Нормальный параметр	Средний	5,0750
	Стандартное отклонение	0,65000
Разность экстремумов	Модуль	0,29600
	Положительная	0,29600
	Отрицательная	–0,18800
Статистика *Z* Колмогорова – Смирнова		0,59200
Асимптотическая значимость (двусторонняя)		0,87500

Таблица 2

Расчет статистических параметров при высадке одного пассажира

Нормальный параметр	Средний	5,0500
	Стандартное отклонение	0,79436
Разность экстремумов	Модуль	0,19100
	Положительная	0,14200
	Отрицательная	–0,19100
Статистика *Z* Колмогорова – Смирнова		0,46800
Асимптотическая значимость (двусторонняя)		0,98100

При вычитании из общего времени стоянки при посадке или высадке пассажиров более одного ($n > 1$) времени стоянки при посадке или высадке одного пассажира получаем время посадки или высадки ($n – 1$) пассажиров. Разделив

это время на (n – 1), получим время входа или выхода одного пассажира.

Проверим степень различия между временем посадки и высадки одного пассажира (табл. 3).

Как видно из результатов расчета (критическое значение критерия Колмагорова – Смирнова равно 1,358, что больше полученного 1,073), гипотеза об однородности данных не отклоняется, следовательно, время входа и выхода одного пассажира можно считать одинаковым, равным 1,5 с (математическое ожидание рассчитанных значений $t_{пас}$).

Таблица 3

Статистика Колмагорова – Смирнова для определения однородности времени посадки и высадки одного пассажира

Разность экстремумов	Модуль	0,257
	Положительная	0,257
	Отрицательная	–0,096
Статистика Z Колмогорова – Смирнова		1,073
Асимптотическая значимость (двусторонняя)		0,200

Такие же действия проведем со временем открытия и закрытия двери, которое остается при вычете времени входа и выхода n пассажиров. Так как операции открытия и закрытия происходят всегда, разделим полученный результат на два, разделив тем самым открытие и закрытие. При расчете общего времени стоянки длительности открытия и закрытия будут всегда складываться, то есть разделение не приведет к ошибке. В итоге получили время открытия и закрытия, равное 1,8 с.

Если при обслуживании происходят одновременно и посадка, и высадка, то добавляется время между высадкой и посадкой. Наблюдения показали, что общее время стоянки увеличивается в среднем на 2 с (математическое ожидание, полученное при обработке 15 наблюдений) при наличии и выходящих, и входящих пассажиров.

Общее время стоянки на ОП МПТ составит

$$t_{ст\,n} = t_{откр} + t_{закр} + t_{пас}n + t_{задан}, \qquad (4)$$

где $t_{задан}$ – время задержки между высадкой и посадкой пассажира, с.

Таким образом, время стоянки маршрутного такси на ОП МПТ при высадке одного пассажира и посадке одного пассажира будет равно

$$t_{ст\,n} = 1{,}8 + 1{,}8 + 1{,}5 \cdot 2 + 2 = 8{,}6 \text{ с}.$$

Проверку адекватности модели проводили при помощи F-критерия Фишера. Двусторонняя вероятность сходства двух совокупностей равна 0,303. Табличное значение, которое взято из математико-статистических таблиц, равно 2,4, что больше полученного, следовательно, модель можно считать адекватной.

Графики зависимости времени стоянки маршрутного такси на ОП МПТ от количества пассажиров приведены на рис. 1 (расчетные значения определяли по (4)).

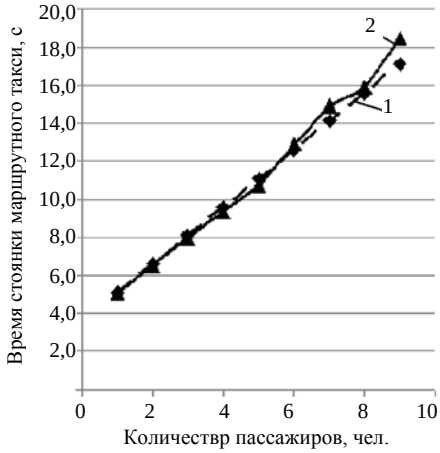

Рис. 1. Время стоянки маршрутного такси на ОП МПТ: 1, 2 – расчетное и экспериментальное время

Сводка модели и оценка параметров

Зависимая переменная: время стоянки, с

Уравнение	Сводка для модели					Оценки параметра			
	R-квадрат	F	Ст. св. 1	Ст. св. 2	Знч.	Константа	b_1	b_2	b_3
Линейное	0,944	1305,331	1	78	0,000	3,197	1,591		
Логарифмическое	0,815	342,903	1	78	0,000	3,593	4,852		
Квадратичное	0,950	723,927	2	77	0,000	3,954	1,144	0,052	
Кубическое	0,950	476,531	3	78	0,000	3,881	1,217	0,033	0,001
Степенное	0,911	794,367	1	78	0,000	4,610	0,546		

Примечание. Независимой переменной является количество пассажиров, чел.

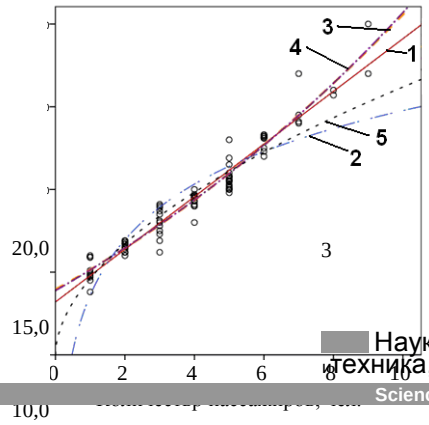

Рис. ремя стоянки маршрутного такси на ОП МПТ, регрессия: 1 инейная; 2 – логарифмическая; 3 – квадратичная; 4 – кубическая; 5 – степенная

стоянки маршрутного такси для посадки соответственно

При использовании программы SPSS Pasw Statistics 18 были получены результаты линейной и нелинейной регрессий, представленные на рис. 2.

Таким образом, можно принять как (4), так и квадратическую или кубическую зависимость с соответствующими коэффициентами b_1, b_2 и b_3. Полученные средние значения элементов операций при стоянке такси для посадки на ОП МПТ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Длительность элементов операций при стоянке маршрутного такси для посадки на ОП МПТ

Элемент операции	Среднее значение	Количество данных
Время открытия-закрытия двери, с	1,8	80
Время посадки-высадки одного пассажира, с	1,5	10
Время задержки между посадкой и высадкой одного пассажира, с	2,0	56

Что касается таких МПТС, как автобусы и троллейбусы, то необходимо учитывать следующие особенности при определении времени стоянки ОП МПТ:

1. Двери у МПТС открываются автоматически. Между остановкой МПТС на ОП МПТ и открытием дверей есть небольшой промежуток времени, равный 0,5 с.

2. Привод дверей автобусов МАЗ – пневматический, производства Festo либо Camozzi. Привод дверей троллейбусов – пневматический, производства Camozzi. Следовательно, разницы во времени открытия быть не должно, хотя исследования показывают обратное. Это может быть связано с разным распределением давления между узлами, которые запитываются от компрессора (например, в троллейбусах от компрессора запитываются пневмоцилиндры открывания дверей, тормозные механизмы колес и привод стояночного тормоза) или с разным износом парка подвижного состава.

3. Брать данные из технических характеристик МПТС стоит только в том случае, если весь подвижной состав новый с исправным механизмом открытия-закрытия, в остальных случаях эти данные не будут соответствовать замерам.

4. Высадка и посадка – события, возникающие после пересечения дверного проема с принятием устойчивого положения.

5. Иногда двери неисправны, одна створка спаренной двери открывается быстрее другой. В этом случае брали время открытия исправной части двери.

6. Скорость высадки и посадки пассажиров зависит от высоты пола МПТС, однако в пределах одного МПТС может быть разная высота пола, что усложняет определение времени. Поэтому с учетом того, что все данные были получены случайно при высадке пассажиров при разных высотах пола, отдельно внимание на этом заостряться не будет.

7. Скорость высадки и посадки пассажиров зависит от количества пассажиров, желающих совершить высадку и посадку. Зависимость времени выхода пассажира от количества выходящих – прямая, зависимость времени входа пассажиров от количества входящих имеет показательное распределение в соответствии с наполняемостью МПТС. Эти особенности в расчетах не учитываются для упрощения использования результатов исследования.

8. Между окончанием высадки и началом посадки есть небольшой промежуток времени.

9. Пассажиры могут заходить по двое, могут выходить одновременно с входящими при высадке-посадке через спаренные двери.

10. Если пассажир входил ранее, чем выходил последний, то время записывали с отрицательным значением.

11. В одни двери пассажиры могут начать посадку сразу после открытия, а в другие – позже. Внимание акцентировали на дверях с максимальным пассажирообменом.

Время стоянки на ОП МПТ при учете всех вышеперечисленных особенностей должно определяться несложно и однозначно. Ниже перечислены операции и их длительность. Уровень значимости для оценки всех параметров – 5 %.

- Время начала открытия двери после остановки. Полученные при исследовании данные (50 замеров) варьируются в пределах от 0,2 до 0,8 с. Медиана полученных данных составила 0,5 с. Статистический анализ указывает на однородность данных (критерий Колмагорова – Смирнова равен 1,074, что меньше 1,358). Среднее значение получилось равным медиане.

• Время выхода первого пассажира после открытия дверей. Полученные данные варьируются в пределах от 0,7 до 3,0 с. Медиана равна 0,5 с. Статистический анализ указывает на однородность данных (критерий Колмагорова – Смирнова равен 1,094, что меньше 1,358). Среднее значение равно 0,6 с.

• Время выхода одного пассажира (кроме первого). При статистической обработке экспериментальных величин получили, что данные однородны (критерий Колмагорова – Смирнова равен 1,010, что меньше 1,358). Однако, как уже отмечалось выше, время выхода зависит от количества выходящих пассажиров. Так, при выходе из одной двери четырех и более пассажиров среднее время выхода одного пассажира составило 0,9 с; при выходе от одного до трех пассажиров – 1,1 с. В целом среднее время выхода одного пассажира (кроме первого) составило 1,0 с. Медиана равна среднему значению.

• Время входа первого пассажира после открытия двери. При отсутствии выходящих пассажиров среднее время входа первого пассажира получилось равным 2 с. Критерий Колмагорова – Смирнова равен 1,24, что свидетельствует об однородности данных, но близок к критическому значению, т. е. данные достаточно волатильны. Медиана составила 1,8 с.

• Время входа первого пассажира после последнего вышедшего. С учетом того, что двери спаренные и пассажиры входят по двое либо начинают посадку, когда в смежной створке двери еще не окончена высадка, среднее время входа первого пассажира после последнего вышедшего составило 1,5 с. Критерий Колмагорова – Смирнова равен 1,2, что свидетельствует об однородности данных, но близок к критическому значению, т. е. данные достаточно волатильны. Поэтому медиана отличается от среднего значения и составляет 1,6 с.

• При определении существенности в длительности операций открытия и закрытия использовали данные по открытию-закрытию дверей троллейбусов и автобусов. В результате обработки данных получили, что отличия во времени закрытия и открытия не существенны (0,749 < 1,358; 0,716 < 1,358, данные однородны).

• Определение существенности разности в скорости открытия дверей у автобуса и троллейбуса показало, что критическое значение критерия Колмагорова – Смирнова равно 1,358, что меньше полученного 1,939. Гипотеза об однородности данных откланяется, следовательно, скорость открытия дверей у автобусов и троллейбусов различна. Однако, как уже отмечалось ранее, привод двери у троллейбусов и автобусов одинаков, поэтому данные по троллейбусам и автобусам были объединены и получена следующая статистика: среднее значение равно 2,0 с, медиана – 1,9 с.

Перечисленные выше, а также некоторые другие параметры, определенные аналогично, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Длительность элементов операций при стоянке автобусов и троллейбусов на ОП МПТ

Элемент операции	Среднее значение, с	Медиана	Количество данных	Критерий однородности
Время начала открытия дверей после остановки МПТС	0,3	0,3	50	1,074
Ввремя высадки первого пассажира после открытия дверей	0,6	0,5	50	1,094
Время высадки последующих пассажиров*	1,0	1,0	123	1,010
Время посадки первого пассажира после открытия дверей	2,0	1,8	30	1,240
Время посадки первого пассажира после последнего вышедшего*	1,5	1,6	34	1,200
Время посадки каждого последующего пассажира*	1,6	1,5	69	1,358
Время посадки в одностворчатую дверь	2,0	2,0	20	1,050
Время посадки в одностворчатую дверь первого пас-	2,2	2,2	20	1,100

сажира после последнего вышедшего				
Время начала закрытия после посадки последнего пассажира	3,9	3,8	40	0,912
Время начала закрытия после высадки последнего пассажира	4,3	4,8	30	0,635
Время открытия (закрытия) дверей МПТС	2,0	2,0	230	2,000
* В двустворчатые двери.				

Как было отмечено в [4] и как это видно из наблюдений, распределение количества пассажиров, совершающих посадку или высадку, по дверям происходит неравномерно. При больших потоках входящих пассажиров разница сглаживается, при малых, наоборот, более заметна.

Необходимо ввести коэффициент, который будет учитывать превышение времени высадки и посадки ввиду неравномерного распределения пассажиров над средним временем высадки и посадки. Количество выходящих пассажиров через *n*-е двери – случайная величина, может зависеть от расположения объекта тяготения относительно ОП МПТ, степени наполненности МПТС. По Правилам автомобильных перевозок пассажиров, в трех- или четырехдверном МПТС высадка должна осуществляться через все двери для пассажиров.

Определим неравномерность распределения пассажиров по дверям при высадке. Для этого при проведении замеров фиксируем тип МПТС (сочлененное/одиночное), количество выходящих пассажиров по дверям.

Как правило, через первую (переднюю) дверь выходит меньше пассажиров. Это связано с тем, что к ней тяжелее продвинуться (нет достаточной накопительной площадки, как в случае второй, третьей и четвертой дверей), а также с тем, что она одностворчатая и при высадке ею чаще всего пользуется категория пассажиров, имеющих право совершать через нее посадку.

На основании полученных данных определили вероятность высадки в первую дверь, которая составила 0,5 (доля случаев высадки через первую дверь от всех случаев высадки). Среднее значение доли выходящих пассажиров через первую дверь составило 0,2. Вероятность того, что количество выходящих пассажиров через переднюю дверь превысит максимальное значение выходящих через одну из оставшихся дверей, крайне мала. Из 120 случаев высадки выявлены лишь три случая, когда количество выходящих через первую дверь превысило максимальное количество выходящих через одну из оставшихся дверей, то есть даже при учете того факта, что высадка одного пассажира в первую дверь происходит дольше, это не увеличивает общее время высадки, но уменьшает количество пассажиров, распределенное по остальным дверям.

Коэффициент неравномерности распределения пассажиров по дверям при высадке определим для двустворчатых дверей. Формула определения коэффициента неравномерности следующая:

$$k_{\text{нер.вых}j} = \frac{\max(N_{\text{вых}ij})}{N_{\text{вых.ср}j}}, \qquad (5)$$

где $N_{\text{вых}ij}$ – количество выходящих пассажиров в *i*-е двустворчатые двери; $N_{\text{вых.ср}j}$ – среднее количество пассажиров, выходящих в двустворчатые двери (т. е. во все, кроме передней); *j* – номер замера;

$$N_{\text{вых.ср}j} = \frac{\sum_{i=1}^{k} N_{\text{вых}ij}}{N_{\text{дв}} - 1}, \qquad (6)$$

где $N_{\text{дв}}$ – количество всех дверей.

По итогам расчета получили, что среднее значение коэффициента неравномерности для сочлененного и одиночного МПТС отличается и составляет: для одиночного – 1,45, для сочлененного – 1,57.

Исходя из изложенного выше, время высадки пассажиров будет равно

$$t_{\text{выс}} = \frac{0,9 t_{\text{вых.дв}} N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}}, \qquad (7)$$

где $t_{\text{вых.дв}}$ – время выхода (высадки) одного пассажира в двустворчатые двери; $N_{\text{вых.пас}}$ – количество выходящих пассажиров.

Следует учитывать, что часто посадка в одни двери начинается (а иногда даже и завершается) раньше завершения высадки через другие двери. Для этого необходимо знать неравномерность высадки и вероятность того, что пассажиры пойдут в освободившуюся дверь. На основании полученных данных определили, что вероятность начала посадки при незавершившейся высадке через другие двери равна 0,88, поэтому время высадки при учете посадки будет равно

$$t_{\text{вых(п)}} = \frac{t_{\text{вых.дв}}(N_{\text{вых.пас}} - N_{\text{вых.пас}}0{,}1)}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}} -$$

$$- 0{,}88 \frac{t_{\text{вых.дв}}(N_{\text{вых.пас}} - N_{\text{вых.пас}}0{,}1)}{N_{\text{дв}} - 1}(k_{\text{нер.вых}} - 1) = \quad (8)$$

$$= \frac{0{,}9 t_{\text{вых.дв}} N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1}(0{,}12 k_{\text{нер.вых}} + 0{,}88).$$

Определим неравномерность входа пассажиров по дверям. Для этого при проведении замеров фиксируем тип МПТС (сочлененное/одиночное), номер постановки на ОП МПТ, количество вошедших в двери.

По Правилам перевозок пассажиров, «…в трех- или четырехдверном автобусе посадка должна осуществляться через среднюю и заднюю двери, а высадка – через все двери для пассажиров. При городских автомобильных перевозках пассажиров в регулярном сообщении через переднюю дверь автобуса, имеющего несколько пассажирских дверей, разрешается входить пассажирам с детьми дошкольного возраста, беременным женщинам, инвалидам, гражданам престарелого возраста, а также лицам, осуществляющим контроль за работой пассажирского транспорта. Кроме того, первая (передняя) дверь – одностворчатая, посадка и высадка через нее осуществляются медленнее, поэтому расчет для этой двери следует производить отдельно.

На основании полученных данных определили вероятность посадки в первую дверь, которая составила 0,27. Среднее значение доли пассажиров, совершающих посадку через первую дверь, составило 0,31. Вероятность того, что количество входящих через переднюю дверь превысит максимальное значение входящих через одну из оставшихся дверей, равна 0,14. При этом среднее количество превышения равно 2 чел.

Коэффициент неравномерности распределения пассажиров по дверям при посадке определим для двустворчатых дверей. Формула определения коэффициента неравномерности следующая:

$$k_{\text{нер.вх}j} = \frac{\max(N_{\text{вх}ij})}{N_{\text{вх.ср}j}}, \quad (9)$$

где $N_{\text{вх}ij}$ – количество входящих пассажиров в i-е двустворчатые двери; $N_{\text{вх.ср}j}$ – среднее количество пассажиров, входящих в двустворчатые двери (т. е. во все, кроме передней); j – номер замера.

Определили, что среднее значение коэффициента неравномерности для сочлененного и одиночного МПТС отличается и составляет: для одиночного –1,38, для сочлененного – 1,83.

Исходя из изложенного выше, время посадки пассажиров составит

$$t_{\text{пос}} = \frac{0{,}916 t_{\text{вх.дв}} N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - t_{1\text{одн}} \cdot 2 \cdot 0{,}14 = \frac{0{,}916 t_{\text{вх.дв}} N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - 0{,}28 t_{1\text{одн}}. \quad (10)$$

Время высадки-посадки

$$t_{\text{вп}} = \frac{0{,}9 t_{\text{вых.дв}} N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1}(0{,}12 k_{\text{нер.вых}} - 0{,}88) + \frac{0{,}916 t_{\text{вх.дв}} N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - t_{1\text{одн}} \cdot 2 \cdot 0{,}14. \quad (11)$$

При объединении формул и данных из табл. 1 получим следующие результаты. При заданном пассажиропотоке время:

- посадки

$$t_{\text{пос}} = 2 + 1{,}6 \cdot \left(\frac{0{,}916 N_{\text{вх..пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - 1 \right) - 0{,}28 \cdot 2 = \frac{1{,}47 N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - 0{,}16; \quad (12)$$

- стоянки при посадке

$$t_{\text{ст.пос}} = 2 + 0{,}5 + \frac{1{,}47 N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - 0{,}16 + 3{,}9 + 2 = \frac{1{,}47(N_{\text{вх.пас}} - 1)}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} + 8{,}24; \quad (13)$$

- высадки

$$t_{\text{выс}} = 0{,}6 + 1\left(\frac{0{,}9 N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}} - 1 \right) = \frac{0{,}9 N_{\text{вых..пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}} - 0{,}4; \quad (14)$$

- стоянки при высадке

$$t_{\text{ст.выс}} = 2 + 0,3 + \frac{0,9N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}} - 0,4 + 4,3 + 2 = \frac{0,9N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вых}} + 8,4; \quad (15)$$

• высадки и посадки

$$t_{\text{вп}} = 0,6 + 1\left(\frac{0,9N_{\text{вых.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1}(0,12k_{\text{нер.вых}} + 0,88) - 1\right) + 1,5 + 1,6\left(\frac{0,916N_{\text{вх.пас}}}{N_{\text{дв}} - 1} k_{\text{нер.вх}} - 1\right) -$$

$$- 2,2 \cdot 2 \cdot 0,14 = \frac{N_{\text{вых.пас}}(0,108k_{\text{нер.вых}} + 0,792) + 1,47N_{\text{вх.пас}}k_{\text{нер.вх}}}{N_{\text{дв}} - 1}; \quad (16)$$

• стоянки при высадке-посадке

$$t_{\text{ст.вп}} = 2 + 0,5 + \frac{N_{\text{вых.пас}}(0,108k_{\text{нер.вых}} + 0,792) + 1,47N_{\text{вх.пас}}k_{\text{нер.вх}}}{N_{\text{дв}} - 1} +$$

$$+ 3,9 + 2 = \frac{N_{\text{вых.пас}}(0,108k_{\text{нер.вых}} - 0,792) + 1,47N_{\text{вх.пас}}k_{\text{нер.вх}}}{N_{\text{дв}} - 1} + 8,4. \quad (17)$$

Проверку адекватности модели проводили при помощи F-критерия Фишера. Рассчитанное значение F-критерия (F = 0,35) не превышает табличного, модель можно считать адекватной.

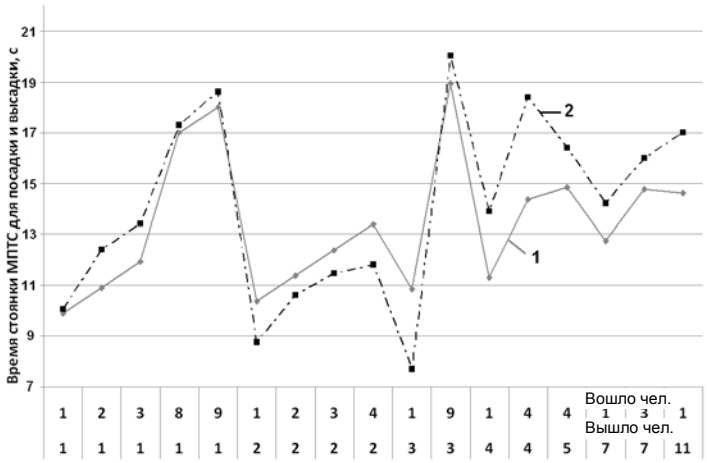

Рис. 3. Время стоянки на ОП МПТ при посадке и высадке (расчетное и экспериментальное) для трехдверного МПТС: 1 – расчетные; 2 – экспериментальные данные

ВЫВОД

В результате проведенных исследований установлены длительности элементов операций при стоянке маршрутных пассажирских транспортных средств, в том числе и маршрутного такси, на остановочных пунктах маршрутных пассажирских транспортных средств с доверительной вероятностью 95 %. Построен график времени стоянки маршрутного такси в зависимости от пассажиропотока, выведены формулы расчета времени стоянки автобусов и троллейбусов при посадке и высадке пассажиров.

Полученные зависимости просты и удобны в использовании на основании имеющихся данных о пассажирообмене на остановочных пунктах маршрутных пассажирских транспортных средств, о типе маршрутных пассажирских транспортных средств (сочлененное или одиночное).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зедгенизов, А. В.** Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / А. В. Зедгенизов. – Иркутск, 2008. – 128 с.

2. **Чернова, Г. А.** Организация безопасной перевозки пассажиров с учетом эксплуатационной и экологической составляющих: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / Г. А. Чернова. – Волгоград, 2005. – 169 с.

3. **Ефремов, И. С.** Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. шк., 1980. – 587 с.

4. **Димова, И. П.** Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств

в зоне их влияния: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / И. П. Димова. – Тюмень, 2009. –167 с.

5. **Ермак, Е. М.** Размещение остановочных пунктов городского пассажирского транспорта: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / Е. М. Ермак. – Харьков, 2010. – 143 с.

6. **Assessment** of an Optimal Bus Stop Spacing Model Using High Resolution Archived Stop-Level Data [Electronic resource] / A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil and Environmental Engineering, Portland State University, 2011. – Mode of access: http://dr.archives.pdx.edu/xmlui/bitstream/handle/psu/6916/Li_psu_0180E_10051.pdf?sequence=1. – Data of access: 10.08.2012.

Поступила 06.09.2012