

УДК 656.13.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕРВАЛА ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

САМОЙЛОВИЧ Т. Н.

Белорусский национальный технический университет

В крупных городах остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта (ОП МПТ) обслуживают, как правило, несколько маршрутов пассажирского транспорта. Расписание движения (или интервал движения) составляется для каждого маршрута отдельно в зависимости от пассажиропотока и затем указывается в информационной таблице на остановочном пункте для всех маршрутов. На основании информации из таблицы можно определить интервал движения маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС), проходящих через ОП МПТ. Но, как правило, даже при большом интервале движения на ОП МПТ часто останавливаются два и более МПТС одновременно. Это обусловлено «пачкованием» ТС на УДС ввиду светофорного регулирования, а также наличием других способов организации движения (снижение скорости, проезд перекрестков) и психологией водителей. От количества МПТС, стоящих на ОП МПТ, зависят геометрические параметры ОП. При недостаточной длине ОП МПТ возникает очередь, в то же время при слишком длинном ОП МПТ замедляется процесс посадки. В статье исследуется вероятность прибытия на ОП МПТ бо-

лее одного МПТС одновременно в зависимости от интервала движения.

При проведении исследования сделаны 32 замера по 15 мин на ОП МПТ, обслуживающих разное количество маршрутов в часы пик и межпиковые периоды. Фиксировали вид, тип МПТС, время начала остановки, время открытия (если не совпадало со временем начала остановки) и закрытия дверей. Количество полученных данных – 493. Данные обрабатывали в приложении Excel MS Office и программе SPSS Pasw Statistic 18.

Как правило, между фактическим интервалом движения и интервалом движения по расписанию существует разница. Определим значимость этой разницы. Для этого воспользуемся критерием Стьюдента (рис. 1).

Табличное значение критерия при соответствующей степени свободы равно 2,003, что выше полученной величины 1,841, следовательно, гипотеза об однородности данных не отвергается.

Определим связь (корреляцию) между фактическим интервалом движения и количеством случаев прибытия более одного МПТС (за исключением маршрутного такси) на ОП МПТ (рис. 2).

Групповые статистики					
	VAR00002	N	Среднее	Стд. отклонение	Стд. ошибка среднего
VAR00001	1,00	32	1,8134	,90333	,15969
	2,00	32	1,4519	,64634	,11426

Критерий для независимых выборок									
		Критерий равенства дисперсий Ливиня		t-критерий равенства средних					
		F	Знч.	t	ст. св.	Значимость (2-сторон.)	Разность средних	Стд. ошибка разности и	95% доверительный интервал разности средних
									Нижняя граница
VAR00001	Предполагается равенство дисперсий	2,316	,133	1,841	62	,070	,36156	,19635	-,03094
	Равенство дисперсий не предполагается			1,841	56,150	,071	,36156	,19635	-,03176

Рис. 1. Вывод результатов расчета критерия Стьюдента для определения однородности данных интервалов движения по расписанию и фактических интервалов движения

Корреляции			
		стоянка более одного без учета маршрутного такси	ИД фактический
стоянка более одного без учета маршрутного такси	Корреляция Пирсона	1	-,703"
	Знч. (2-сторон)		,000
	N	32	32
ИД фактический	Корреляция Пирсона	-,703"	1
	Знч. (2-сторон)	,000	
	N	32	32

Рис. 2. Вывод результатов расчета корреляции для определения связи между фактическим интервалом движения и количеством случаев прибытия более одного МПТС на ОП МПТ

Как видно из рис. 2, коэффициент имеет отрицательное значение, что свидетельствует об обратной зависимости. Значение 0,703 показывает среднюю степень корреляции.

Определим корреляцию между интервалом движения по расписанию и количеством случа-

ев прибытия более одного МПТС на ОП МПТ (рис. 3).

Как видно из рис. 3, коэффициент имеет отрицательное значение, что свидетельствует об обратной зависимости. Значение 0,495 показывает слабую степень корреляции. Следова-

но, несмотря на то что интервал движения по расписанию и фактический интервал достаточно однородны, связь между интервалом движения и количеством случаев остановки более одного МПТС гораздо значительнее при использовании фактического интервала.

Определим зависимость стоянки на ОП МПТ более одного МПТС без учета маршрут-

ного такси от фактического интервала движения МПТС (рис. 4).

Выполним подгонку кривых к зависимости количества случаев стоянки более одного МПТС (кроме маршрутных такси) на ОП МПТ (рис. 5).

Корреляции			
		стоянка более одного без учета маршрутного такси	ИД на ОП МПТ по расписанию
стоянка более одного без учета маршрутного такси	Корреляция Пирсона	1	-,495**
	Знч. (2-сторон)		,004
	N	32	32
ИД на ОП МПТ по расписанию	Корреляция Пирсона	-,495**	1
	Знч. (2-сторон)	,004	
	N	32	32

** Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

Рис. 3. Вывод результатов расчета корреляции для определения связи между интервалом движения по расписанию и количеством случаев прибытия более одного МПТС на ОП МПТ

Сводка модели и оценки параметров									
Зависимая переменная: Стоянка более одного МПТС без учета маршрутного такси									
Зависимость	Сводка для модели					Оценки параметра			
	R-квадрат	F	ст.св.1	ст.св.2	Знч.	Константа	b1	b2	b3
Линейная	,495	29,368	1	30	,000	7,534	-2,735		
Логарифмическая	,567	39,219	1	30	,000	4,770	-4,317		
Обратная	,594	43,906	1	30	,000	-1,043	5,568		
Квадратичная	,569	19,179	2	29	,000	11,128	-7,786	1,488	
Кубическая	,615	14,885	3	28	,000	19,619	-25,537	12,311	-1,974

Независимой переменной является ИД фактический.

Рис. 4. Сводка модели для стоянки более одного МПТС

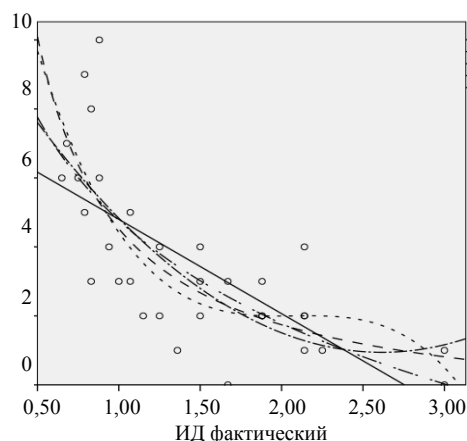


Рис. 5. Подгонка кривых к зависимости количества случаев стоянки более одного МПТС (кроме маршрутных такси) на ОП МПТ: $\circ$ – наблюдаемые; — — — — линейная; — — — — логарифмическая; - · - · - обратная; — — — — квадратическая; · · · · · — кубическая регрессии

Как видно из рис. 5, в большей степени экспериментальным данным соответствует кубическая зависимость (рис. 6).

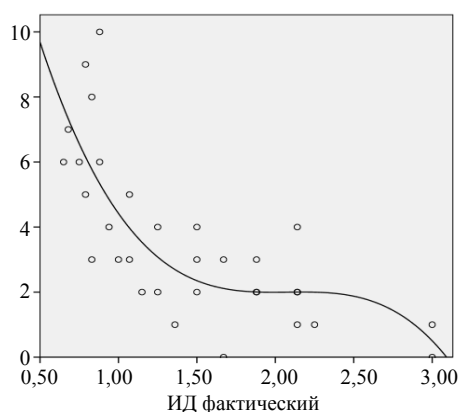


Рис. 6. $\circ$ – наблюдаемые; — — — — кубическая регрессия

По ТКП 45-3.03-227-2011, остановочные пункты маршрутных такси (экспресс-маршрутов) могут совмещаться с остановочными пунктами автобусов или троллейбусов; при интенсивности движения маршрутных такси более 30 ед./ч должны быть оборудованы отдельными остановочной и посадочной площадками. Поэтому при определении длины ОП МПТ необходимо предусматривать место для стоянки маршрутного такси. На основании полученных данных, из 103 случаев остановки маршрутных такси в 51 случае остановка была при занятом ОП МПТ (автобусом, троллейбусом или другим маршрутным такси).

Определим корреляцию (зависимость) количества случаев остановки маршрутных такси с другими МПТС от отношения количества маршрутных такси к общему количеству МПТС, проходящих через ОП МПТ (рис. 7).

Длина места на ОП МПТ при остановке маршрутного такси при стоящем МПТС включает длину маршрутного такси (5–7 м) и зазор безопасности, равный 1 м. Как видно из рис. 8, при доле маршрутных такси (отношение количества останавливающихся маршрутных такси в единицу времени с МПТС к количеству всех МПТС, проходящих через ОП МПТ, включая те маршрутные такси, которые останавливались на свободном ОП МПТ) от 0,1 и более, высока вероятность их остановки при стоящем МПТС (табл. 1).

Определим формулу для расчета длины ОП МПТ. Для этого найдем зависимость количества останавливающихся МПТС (кроме маршрутных такси) на ОП МПТ от фактического интервала движения (рис. 9).

Корреляции			
		количество случаев остановки маршрутных такси с другими МПТС	отношение кол-ва маршрутных такси к кол-ву других МПТС
количество случаев остановки маршрутных такси с другими МПТС	Корреляция Пирсона	1	,661**
	Знч. (2-сторон)		,000
	N	32	32
отношение кол-ва маршрутных такси к кол-ву других МПТС	Корреляция Пирсона	,661**	1
	Знч. (2-сторон)	,000	
	N	32	32

** . Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

Рис. 7. Вывод результатов расчета корреляции для определения связи между количеством случаев остановки маршрутных такси с другими МПТС и отношением количества маршрутных такси к общему количеству МПТС, проходящих через ОП МПТ

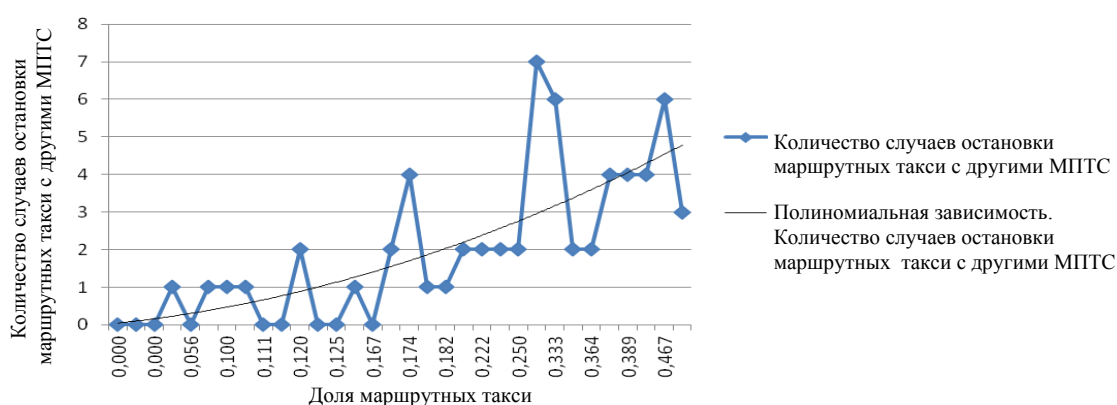


Рис. 8. Количество случаев остановки маршрутных такси с другими МПТС в зависимости от доли маршрутных такси

Таблица 1

Длина места на ОП МПТ при остановке маршрутного такси

Длина (при учете зазора безопасности) $l_{\text{маршр}}$, м	Доля маршрутных такси $\Delta_{\text{маршр}}$
6–8	$\geq 0,1$
0	$< 0,1$

Сводка модели и оценки параметров

Зависимая переменная: VAR00001

Зависимость	Сводка для модели					Оценки параметра	
	R-квадрат	F	ст. св. 1	ст. св. 2	Знч.	Константа	b1
Линейная	,742	5,743	1	2	,139	4,435	–1,792
Логарифмическая	,823	9,316	1	2	,093	2,440	–2,366
Обратная	,907	19,425	1	2	,048	–,602	2,794
Степенная	,937	29,788	1	2	,032	2,149	–1,175
Экспоненциальная	,886	15,498	1	2	,059	5,925	–,912
Логистическая	,886	15,498	1	2	,059	,169	2,488

Независимой переменной является VAR00002.

Рис. 9. Сводка модели

Графики на рис. 10 строили исходя из среднего значения фактического интервала движения. Объем данных – 89 случаев стоянки 1, 2, 3 и 4 МПТС одновременно.

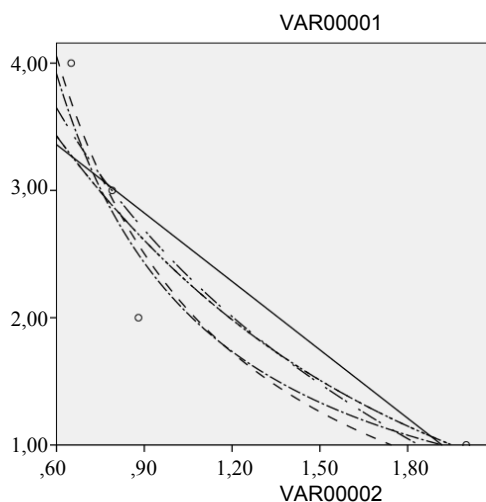


Рис. 10. Подгонка кривых к зависимости количества останавливающихся МПТС на ОП МПТ от фактического интервала движения: $\circ$ – наблюдаемые; — — — — — линейная; — — — — — логарифмическая; — · — — — — обратная; — — — — — степенная; - - - - - экспоненциальная; — — — — — логистическая регрессии

Данные можно объединить в следующие интервалы: более 2,2 мин – прибытие 1 МПТС; 0,9–2,2 мин – прибытие 2 МПТС; 0,7–0,9 мин – прибытие 3 МПТС, менее 0,7 – прибытие 4 МПТС. Обозначим количество МПТС $K_{МПТС}$ (табл. 2).

Таблица 2

Количество расчетного числа МПТС для определения длины ОП МПТ в зависимости от общего интервала движения

Расчетное количество МПТС на ОП МПТ $K_{МПТС}$	Общий интервал движения, мин
1	Более 2,2
2	[0,9–2,2]
3	[0,7–0,9]
4	Менее 0,7

Количество МПТС на i -м маршруте, прибывающих в час:

$$N_{МПТСi} = \frac{60}{I_{МПТСi}}, \quad (1)$$

где $I_{МПТСi}$ – интервал движения МПТС на i -м маршруте, мин.

Вероятность прибытия МПТС i -го маршрута

$$P_{iМПТС} = \frac{N_{МПТСi}}{\sum_{i=1}^n N_{МПТСi}}, \quad (2)$$

где n – количество маршрутов.

Вероятность прибытия одного сочлененного МПТС

$$P_{сочл} = \sum_{i=1}^n P_{iМПТС} \Delta_{сочл}, \quad (3)$$

где $\Delta_{сочл}$ – доля сочлененных МПТС на маршруте. Можно определить при проведении замеров или уточнять в автобусном парке или троллейбусном депо.

Можно установить минимальную вероятность прибытия сочлененного МПТС 0,05. В табл. 3 приведены значения расчетных длин автобусов, взятые на основании округленных максимальных значений длин возможных моделей МПТС.

Таблица 3

Расчетная длина МПТС в зависимости от вероятности прибытия одного сочлененного МПТС

Расчетная длина МПТС l_k , м	Вероятность прибытия одного сочлененного МПТС
12 (если обслуживаются только троллейбусные маршруты)	$P_{сочл}^k < 0,05$
14,5	
18,4	$P_{сочл}^k \geq 0,05$

Длина ОП МПТ равна

$$L_{о.пл} = \sum_{k=1}^{K_{МПТС}} l_k (P_{сочл}^k) + 2l_{зб} + 2l_{ош} + l_{маршр}, \quad (4)$$

где $l_{зб}$ – длина зазора безопасности (расстояние между стоящими МПТС), $l_{зб} = 1$ м; $l_{ош}$ – длина отгонов уширения, по ТКП 45-3.03-227-2010 равна 20–30 м, в стесненных условиях – 10–20 м; $l_{маршр}$ – длина маршрутных такси (по табл. 1).

Для примера определим необходимую длину. Имеется расписание движения (рис. 11). Расчет длины ОП МПТ «Кольцова» приведен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет длины ОП МПТ «Кольцова»

Номер маршрута	Вид МПТС	Интервал движения	Количество в час (значение округлено до целых)	Общий интервал движения	Доля сочлененных МПТС на маршруте	Вероятность прибытия МПТС маршрута	
28	Троллейбус	15	4	1,58	0	0,11	0
34	Троллейбус	21	3		0,1	0,08	0,01
46	Троллейбус	6	10		0,1	0,26	0,03
53	Троллейбус	5	12		0,7	0,32	0,22
24	Автобус	12	5		1,0	0,13	0,13
13	Автобус	15	4		0,1	0,11	0,01
		Итого	38				

вул. КАЛЬЦОВА

№ МАРШ-РУТА	ПАЧАТАК РУХУ	ІНТЭРВАЛ РУХУ ПА ГАДЗІНАМ СУТАК, ХВІЛ.	ЗАКАНЧЭННЕ РУХУ
28	5.56	17	21.35
34	5.36	21	23.46
46	5.41	6	23.46
53	5.49	5	23.45

вул. КАЛЬЦОВА

№ МАРШ-РУТА	ПАЧАТАК РУХУ	ІНТЭРВАЛ РУХУ ПА ГАДЗІНАМ СУТАК, ХВІЛ.	ЗАКАНЧЭННЕ РУХУ
28	5.48	17	21.35

вул. КАЛЬЦОВА

№ МАРШ-РУТА	ПАЧАТАК РУХУ	ІНТЭРВАЛ РУХУ ПА ГАДЗІНАМ СУТАК, ХВІЛ.	ЗАКАНЧЭННЕ РУХУ
24	5.08	12	23.16
13	5.27	12	23.16

Рис. 11. Расписание движения на ОП МПТ «Кольцова»

Исходя из общего интервала движения, расчетное количество МПТС – 2 (по табл. 2).

Вероятность прибытия сочлененного МПТС

$$P_{\text{сочл}} = 0 \cdot 0,11 + 0,1 \cdot 0,08 + 0,1 \cdot 0,26 + 0,7 \cdot 0,32 + 1 \cdot 0,13 + 0,1 \cdot 0,11 = 0,4;$$

$$L_{\text{сочл}}^2 = 0,16.$$

ОП МПТ «Кольцова» не имеет кармана, поэтому отгоны уширения отсутствуют.

Дина остановочной площадки равна

$$L_{\text{опл}} = 18,4 + 18,4 + 2 + 0 + 8 = 46,8 \text{ м.}$$

ВЫВОД

В ходе выполнения исследования была определена однородность данных интервала движения по информационным таблицам и фактического интервала движения МПТС на ОП МПТ. Определена зависимость количества случаев остановки более одного МПТС на ОП МПТ от интервала движения МПТС. Определена зависимость остановки маршрутных такси на ОП МПТ при стоящем МПТС от доли маршрутных такси на ОП МПТ. Предложена формула расчета длины остановочной площадки, приведен пример расчета длины ОП МПТ.

Поступила 06.09.2012