

Лубяный П.В., к.т.н. Савинкина О.Е., инж.

ХФ ХНАДУ, г. Херсон

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ ПАССАЖИРАМИ ПРИ ПОЕЗДКАХ НА ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ

*В работе рассматриваются вопросы качества обслуживания пассажиров и закономерности движения пассажирских транспортных средств, времени ожидания пассажирами посадки в автобус и методы повышения скорости сообщений.*

### **Введение**

Задача городского пассажирского транспорта — экономить время и энергию пассажиров. По мере роста территорий городов и городского населения увеличивается количество и дальность поездок, и повышается роль транспорта. Если учесть, что почти каждый город имеет тяготеющие к нему пригороды, население которых тесно связано с городом повседневной своей работой, то расстояния, которые должно преодолевать население при помощи городского пассажирского транспорта все время растут.

Учитывая одновременно рост интенсивности городской жизни и жизни городского населения, естественно, что каждая минута экономии времени при пользовании городским транспортом будет приобретать особую ценность, так как затрата времени на транспорт производится за счет сокращения времени отдыха.

**Целью** данного исследования является оценка времени транспортного обслуживания населения путем анализа общих затрат времени жителей на передвижение.

### **Общие подходы к вопросу анализа затрат времени на передвижение в городском пассажирском транспорте**

Для максимального сокращения времени при пользовании городским пассажирским транспортом необходимо интенсивное развитие сети пассажирского транспорта, повышение его скорости и правильная организация регулярного движения городского пассажирского транспорта. Наиболее значимым в практической деятельности критерием оценки качества транспортного обслуживания населения являются общие затраты времени жителей на передвижение от исходного пункта до конечного.

### **Методы изучения затрат времени пассажирами при пользовании транспортом**

Время затраченное пассажиром на одну поездку, включает: время на пешее хождение до остановки ( $t_{под}$ ), время ожидания ( $t_{ож}$ ), время проезда ( $t_{пр}$ ) и время пешего отхода от остановки до конечного пункта назначения. Это время которое может быть определено [1]:

$$t_n = t_{под} + t_{ож} + t_{пр} + t_{отх} \quad (1)$$

где  $t_{под}$  — время на подход к остановочному пункту, мин,  $t_{ож}$  — время на ожидание транспортной единицы, мин;  $t_{пр}$  — время на поездку в транспорте, включая пересадки, мин,  $t_{отх}$  — время на отход от остановочного пункта к месту назначения.

Время подхода можно определить [2]:

$$t_{под} = \frac{1}{38} + \frac{l_n}{4} \quad (2)$$

где  $\delta$  – плотность маршрутной сети (от числа километров улиц, обслуживаемых транспортом, приходящимся на  $1 \text{ км}^2$  городской территории, т.е.  $\delta = \frac{L_{обс}}{F} \text{ км/км}^2$ , где  $L_{обс}$  — длина городских улиц, обслуживаемых транспортом, а  $F$  — площадь города в квадратных километрах),  $l_n$  – расстояние до остановки.

Однако не на всех линиях улично-дорожной сети осуществляется перевозка жителей городским пассажирским транспортом, вследствие этого показатель плотности маршрутной сети  $\delta$  может быть определен как отношение длины городских улиц, по которым организованы маршрутные перевозки пассажиров к селитебной площади города. Градостроительные нормы предусматривают плотность транспортных сетей в пределах  $1,5 \dots 2,0 \text{ км/км}^2$ , что составляет зону пешеходной доступности  $220 \dots 167 \text{ м}$ . Значение плотности транспортной сети и зоны пешеходной доступности в разных районах города (табл. 1)

Таблица 1

Территориальная плотность транспортной сети и величина пешеходной доступности

Качественная характеристика показателя плотности маршрутной сети $\delta$	Плотность маршрутной сети				Расстояние пешеходной доступности, м			
	По городу	В центре города	В средней зоне	На периферии	По городу	В центре города	В средней зоне	На периферии
Очень малая	Менее 1,6	Менее 3,0	Менее 1,6	Менее 1,35	Не более 210	Не более 110	Не более 210	Не более 250
Малая	1,6-2,2	3,0-3,5	1,5-2,5	1,35-2,0	210-153	110-95	210-133	250-168
Умеренная	2,2-2,75	3,5-4,0	2,5-3,5	2,0-2,42	153-120	95-83	133-95	168-138
Плотная	2,75-3,25	4,0-5,0	3,5-4,5	2,42-2,75	120-100	83-67	95-74	138-120
Очень плотная	3,25-3,7	5,0-6,0	4,5-5,0	2,75-3,15	100-90	67-56	74-67	120-105
Исключительно плотная	Более 3,7	Более 6,0	Более 5,0	Более 3,15	Менее 90	Менее 56	Менее 67	Менее 105

Время ожидания [3]:

$$t_{ож} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma^2}{2I} + \frac{P_{омки}}{1 - P_{омки}} I, \quad (3)$$

где  $I$  - плановый интервал движения на маршруте, мин;  $\sigma$  – количественная оценка не-регулярности движения,  $P_{омки}$  – вероятность отказа в поездке на  $i$  остановке маршрута ( $P_{омки} = f(A_i)$ , где  $A_i$  – количество транспортных средств на маршруте),  $P_{отк}$  – вероятность отказа пассажирам в поездке. Под вероятностью отказа пассажирам в поездке подразумевается доля пассажиров, не вошедших в транспортное средство из-за его переполненности, от общего числа подошедших пассажиров:

$$P_{отк} = \frac{Q_{жс} - Q_{восп}}{Q_{восп}}, \quad (4)$$

где  $Q_{жс}$  – количество пассажиров, желающих воспользоваться транспортом,  $Q_{восп}$  – количество пассажиров, воспользовавшихся транспортом.

При работе по расписанию среднее время ожидания пассажиром посадки в автобус зависит от интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту и неравномерности прибытия транспортных средств на остановку.

Для определения закономерностей распределения моментов прибытия пассажиров относительно момента прибытия транспортного средства по расписанию и моментов прибытия транспортных средств относительно времени по расписанию, т.е. времени ожидания и отклонения от графика движения автобусов, проведены исследования на маршрутной сети г. Херсона. Были проанализированы значения времени ожидания пассажирами посадки в автобус на остановочном пункте и значения отклонения в прибытии относительно времени по расписанию. По результатам построен график зависимости  $P_{отк\max} = f(A)$  (рис. 1).

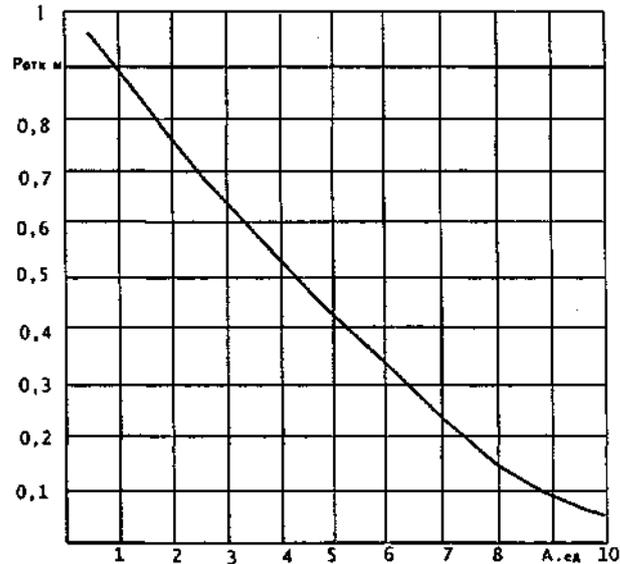


Рис. 1. График зависимости отклонения от графика движения автобусов от количества подвижного состава

$$t_{ос} = \frac{60L_{cp}}{V_{cp}}, \quad (5)$$

где  $V_{cp}$  - средняя скорость сообщения, км/ч,  $L_{cp}$  - средняя дальность поездки пассажира в целом по сети, км (зависит от величины города) (табл. 2):

Таблица 2

Зависимость средней дальности поездки от величины города

Численность населения города, тыс. чел	до 50	50 – 100	100 -250	250 – 500	500 – 1000	Более 1000
Средняя дальность поездки, км	до 2,0	2,5 – 3,0	3,5	3,5 – 4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6,0

Скорость сообщения на обычных наземных видах транспорта колеблется в пределах от 14,5 до 18 км/ч. Она зависит от планировочных особенностей городов. В большинстве городов скорость сообщения близка к 15 км/час, поэтому можно принять  $V_c = 15$  км/ч.

Время на отход от остановочного пункта к месту назначения  $t_{омх}$  можно рассчитать исходя из расстояний между остановками (от 300 до 600 м). Принимая среднее расстояние между остановочными пунктами 450 м, а скорость пешехода  $V_{пеш} \approx 4$  км/ч, получим  $t_{омх} \approx 3$  мин.

Анализ представленных зависимостей с точки зрения сокращения затрат времени на передвижение показывает, что на существующей маршрутной сети снизить затраты времени реально можно лишь за счет сокращения времени на ожидание посадки в автобус, так как:

– сокращение времени на подход к остановочному пункту, от места высадки и дальнейшее движение к месту назначения требует увеличения плотности маршрутной сети ( $\delta$ ), количества остановок на маршрутах ( $N$ ), что в ряде случаев невыполнимо, так как требует значительных капитальных вложений;

– сокращение времени на поездку требует увеличения скорости сообщения, т.е. увеличения технической скорости и уменьшения времени простоя на промежуточных остановочных пунктах. Увеличение технической скорости практически невозможно по условию безопасности дорожного движения, а уменьшение времени посадки и высадки, в течение которого пассажиры выходят из автобуса и входят в него зависит от различного рода факторов: количества и конструкции дверей в автобусе, времени года, наличия багажа у пассажиров. Время посадки и высадки пассажиров на каждом остановочном пункте может изменяться для каждого автобуса. Это может быть вызвано, во-первых, тем, что последовательно идущие автобусы поочередно останавливаются на некоторых из предшествующих остановках и к исследуемому остановочному пункту подвижные единицы подходят с разным интервалом движения, в результате чего количество подошедших пассажиров может быть различно; во-вторых, изменением интенсивности подхода пассажиров к остановочному пункту, когда даже при одинаковом интервале движения между автобусами на остановочный пункт подходит разное количество пешеходов.

Сократить время ожидания можно путем уменьшения интервала движения автобусов, а это возможно только путем увеличения количества подвижного состава ( $A$ ) на маршруте.

В результате отклонения движения автобусов от расписания существенно увеличивается суммарное время ожидания транспорта пассажирами: за больший промежуток времени на остановочный пункт подойдет большее количество пассажиров, их время ожидания будет увеличено. Кроме того, увеличивается вероятность отказа пассажирам в поездке. Дополнительно ко времени ожидания у пассажиров увеличивается время передвижения, так как с увеличением интервала движения загруженность автобусов возрастает, уменьшается скорость движения между остановочными пунктами, увеличивается время простоя на остановочном пункте вследствие увеличения пассажирообмена на остановочном пункте. Изменение времени передвижения может привести к перераспределению потоков пассажиров между маршрутами.

Зависимость  $P_{отк\max} = f(A)$  может иметь место в том случае, если на маршруте пассажирского транспорта осуществляется контроль движения транспортных средств не только на конечных остановочных пунктах маршрута, но и на промежуточных, и водители в состоянии изменением скорости движения компенсировать существенное отклонение от расписания движения. В действительности же контроль за движением транспортных средств на маршруте осуществляется только на конечных пунктах маршрута. Поэтому любое отклонение автобуса от расписания на каком-нибудь перегоне или остановочном пункте вызовет цепную реакцию на всех последующих. Время отправления с конечного пункта обуславливается расписанием движения. Никакая другая форма управления для более точного соответствия расписанию не используется. Время прибытия автобуса на какую-либо конечную остановку определяется суммой времен прохождения отдельных его участков и моментом отправления. При перевозке пассажиров из одного пункта в другой по маршруту происходит наложение двух основных процессов: движение между остановками, связанное с условиями дорожного движения; задержка на остановках, связанная с подходом, высадкой и посадкой пассажиров.

### **Выводы**

Проведенные исследования показывают, что:

1. При определении отказа пассажирам в поездке на маршруте городского транспорта необходимо учитывать все множество факторов, влияющих на характер движения транс-

портных средств путем построения модели маршрута. Это даст возможность оценить вероятность отказа и принять меры по перераспределению подвижного состава.

2. Использование предложенной методики при организации движения и выборе формы работы автобусов на городских маршрутах позволит сократить затраты времени пассажиров в ожидании посадки и, тем самым, снизить затраты их времени на поездки в городском транспорте.

### *Список литературы*

1. *Спирин И.В.* Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 400 с.
2. *Городской скоростной пассажирский транспорт: Под общей редакцией Д.С. Самойлова.* — М.: Высшая школа, 1975. — 231 с.
3. *Доля В.К.* Організація пасажирських перевезень у містах. — Х.: Нове слово, 2002. — 140 с.

Стаття надійшла до редакції 07.11.06  
© Лубяний П.В., Савінкіна О.Є., 2006