

УДК 519.656

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА

**Шаршенбеков К.К., Агыбаев А.С., Абдиева Л.К.**  
КГТУ им. И.Раззакова

В работе рассмотрены математические модели транспортных потоков. Одной из задач, связанных с данной проблемой транспортных потоков, является определение пропускной способности остановочного пункта городского общественного транспорта. А решение такого рода задач базируются в основном на математических методах и выходят за рамки узко транспортных проблем.

**Ключевые слова:** математические модели, транспортный поток, пропускная способность.

## ТОКТОО ПУНКТУН ӨТКӨЧҮЛҮГҮН АНЫКТОО

**Шаршенбеков К.К., Агыбаев А.С., Абдиева Л.К.**  
И.Раззаков ат. КМТУ

Бул макалада жол кыймылынын математикалык моделдери каралат. Транспорттук агымдардын бул көйгөйү менен байланышкан маселелердин бири шаардык коомдук транспорттун токтоо пунктунун сыйымдуулугун аныктоо болуп саналат. Ал эми мындай маселелерди чечүү негизинен математикалык методдорго негизделген жана тар транспорттук маселелердин чегинен чыгып кетет.

**Баштапкы сөздөр:** математикалык моделдер, трафик агымы, өткөрүү.

## DETERMINING BANDWIDTH STOPING POINT

**Sharshenbekov K.K., Agybaev A.S., Abdieva L.K.**  
KSTU n.a. I.Razzakov

The paper examines mathematical models of traffic flows. One of the tasks associated with this problem of traffic flows is determining the capacity of a stop point for urban public transport. And the solution to this kind of

problems is based mainly on mathematical methods and goes beyond the scope of narrow transport problems.

**Key words:** mathematical models, traffic flow, throughput.

Городские транспортные системы занимают особо значимое место в жизни города, касаются каждого его жителя, начиная со связи с жизненно-важными точками, такими как продовольственные точки, больницы, полицейские участки и т.д., заканчивая поездкой на общественном транспорте в точку следования. При этом каждого интересует минимальное количество времени

Основными задачами любой транспортной системы являются удовлетворение потребности в перевозке населения и грузов. В связи с этим эффективность системы определяется своеобразным балансом интересов перевозчика и клиента, перевозчика интересует максимальная грузовая загрузка, клиента минимальное время доставки и определенный комфорт.

В большинстве городов в наши дни существует проблема «перегрузки» городского общественного транспорта в так называемые «часы пик». В такие часы общественный транспорт не справляется с пассажиропотоком, люди не могут добраться своевременно до пунктов следования, а это в конечном итоге отражается на экономике города.

Одной из задач, связанных с данной проблемой транспортных потоков, является определение пропускной способности остановочного пункта городского общественного транспорта. А решение такого рода задач базируются в основном на математических методах и выходят за рамки узко транспортных проблем.

В данной работе проведены экспериментальные наблюдения на остановочном пункте г. Бишкек:

- на остановке (Ахунбаева 121, пересечение Абдырахманова) общественный транспорт иногда останавливается в два ряда, тем

самым пассажирам приходится выходить на проезжую часть, образуются очередь и заторы транспорта.

Таким образом из-за того, что данные остановки могут вмещать ограниченное количество транспорта, на наблюдаемых остановках возникают очереди и затор транспорта. А это прямым образом влияет на время пребывания и обслуживания пассажиропотока общественным транспортом. Обычно время пребывания транспорта на остановке рекомендуется от 3 секунд до 119 [1].

На пропускную способность остановки общественного транспорта сильно влияют количество транспорта прибывших одновременно, интервалы высадки и посадки пассажиров в транспорт.

Для того чтобы определить пропускную способность остановки, нами рассмотрены некоторые критические остановки, где имеются достаточно большое количество пассажиров и общественного транспорта. Затем будут определены экспериментально интервалы между транспортом, время обслуживания пассажиров. Рассчитаны вероятности возникновения очереди и предельная интенсивность движения на линии остановочного пункта.

Выборка включает в себя данные по интервалу между транспортом и интервалы обслуживания пассажиропотока на остановке с объемом  $n=117$  наблюдений.

Упорядочим данные с помощью инструмента сортировки по возрастанию, и этим построим вариационный ряд или его еще называют статистический ряд. Минимальные и максимальные значения следующие  $X_{\min}=0,1$  и  $X_{\max}=0,6$ . Разделим промежуток между ними на 8 равных интервалов с шагом  $0,0625$ .

Для каждого интервала определим частоту  $n_i$  и относительную частоту  $W_i$  попадания элементов выборки в данные интервалы и оформим в виде таблицы 1.

Таблица 1. Частоты и относительные частоты вариантов

Интервал	Значение варианты, $X_i$	Частоты, $n_i$	Относит. Частоты, $W_i$
0,1-0,1625	0,1313	61	0,52
0,1626-0,225	0,1938	16	0,14
0,226-0,2875	0,2568	14	0,12
0,2876-0,35	0,3188	13	0,11
0,351-0,4125	0,3818	6	0,05
0,4126-0,475	0,4438	4	0,03
0,475-0,5375	0,5063	2	0,02
0,5376-0,6	0,5688	1	0,01

Для того чтобы определить вид распределения случайной величины  $X$  строим гистограмму относительных частот (рис.1)

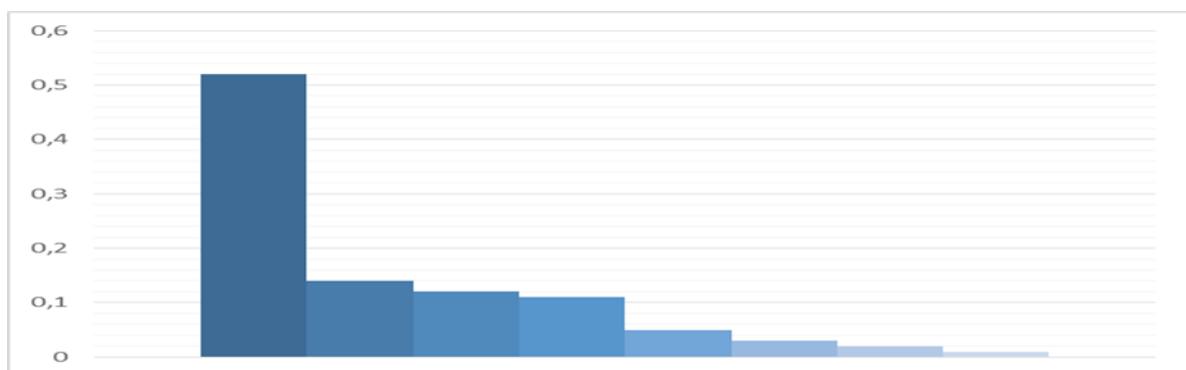


Рис. 1. Гистограмма относительных частот.

Исходя из расположения прямоугольников на рисунке 1 можем говорить о том, что здесь больше похоже на нормальное распределение или распределение Пуассона. Вообще обслуживание пассажиропотока в некотором смысле является системой массового обслуживания СМО и обычно рассчитывают по формуле Пуассона. Для того чтобы точно определить какой же вид распределения подходит составляется гипотеза и проверяется с помощью критерия Пирсона. Допустим в

качестве нулевой гипотезы – что эмпирические данные распределены по нормальному закону.

Для того чтобы определить критерий Пирсона вначале нужно вычислить теоретические частоты. Результаты записаны в таблице 2.

Таблица 2. Значения эмпирических частот и теоретических частот.

i	ni	ni*	ni-ni*	(ni-ni*) <sup>2</sup>	(ni-ni*) <sup>2</sup> /ni*
1	61	45,3	15,7	246,49	5,44
2	16	21,4	-5,4	29,16	1,36
3	14	21,4	-7,4	54,76	2,56
4	13	21,4	-8,4	70,56	3,30
5	6	21,4	-15,4	237,16	11,08
6	4	21,4	-17,4	302,76	14,15
7	2	21,4	-19,4	376,36	17,59
8	1	0	1	1	0,00
Σ	117				55,48

Получили, что статистика Пирсона  $K_{набл}=55,48$  при критическом значении данной статистики  $K_{крит}=11,6$ . Статистика Пирсона  $K_{набл}$  для эмпирических данных больше, чем критическое значение, поэтому основная гипотеза о распределении данных по нормальному закону отклоняется.

Следующим шагом определяем основные описательные статистики, их еще называют характеристиками эмпирических данных. Результаты вычислений через Анализ данных записаны в табл. 3.

Таблица 3. Основные описательные статистики

Статистики	значения
Количество	117

Среднее значение X	14,625
Стандартное отклонение	1,62
Дисперсия	2,63
Медиана	0,35
Мода	0,13
Эксцесс	-0,1209
Асимметричность	0,1306
Интервал	8
Минимум	0,1
Максимум	0,6
Статистика Стьюдента	1,38
Доверительный интервал	0,051
Относительная ошибка	0,42

Пропускная способность остановочного пункта определяется согласно формулы, рекомендованной руководством по организации дорожного движения Highway Capacity Manual 2000 [2,3].

$$B_s = N * B_{bb} = N * \frac{3600}{t_c + \frac{g}{c} t_d + z_a * c_v * t_d} \quad (1)$$

где пропускная способность остановочного пункта сд/ч, пропускная способность одного места на остановке, эффективное число мест на остановке, время светофора, время зеленого сигнала светофора, время уходящее на убытие с остановки, коэффициент отказа транспорту в обслуживании, время обслуживания пассажиропотока, коэффициент вариации.

Время высадки и посадки пассажиропотока определяется так образом

$$t_d = t_a P_a + t_b P_b + t_{oc} \quad (2)$$

где время высадки и посадки пассажира, количество пассажиров, время открытия и закрытия дверей.

Для расчета времени убытия транспорта с интенсивностью потока на соседней полосе движения, вместимостью транспорта и коэффициентом маневрирования найдем по формуле

$$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i \quad (3)$$

Результаты вычислений записаны в таблице 4.

Таблица 4. Результаты вычислений пропускной способности

Характеристики	Результаты
$B_s$	78,45
$N_{eb}$	0,73
$t_c$	9,7
$t_d$	18,74
$Z_a$	0,203

Выводы: Среднее значение статистического ряда различается от каждого значения в среднем на 1,62. Статистический ряд характеризуется умеренной асимметричностью исходя из коэффициента асимметрии и того, что средняя отличается от медианы. Вариация данных, также умеренная так как коэффициент вариации находится в пределах (30%;70%). Согласно, критерия, согласие Пирсона отклонена гипотеза о том, что эмпирические данные распределены нормально. Рекомендуемая пропускная способность равна 85, по нашим эмпирическим данным получили 78,45. А это говорит о том, что у данной остановки пропускная способность недостаточна и это создает очереди транспорта у остановки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмадинуров М.М. Математические модели управления транспортными потоками. / М.М. Ахмадинуров, Д. С. Завалишин, Г. А. Тимофеева. Учебное пособие. Ек.: Сократ, 2016 – 172 с.

2. Фадеев А.И., Фомин Е.В., Алхуссейни С. Определение пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта. Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2020;17(2):248-261. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2-248-261>
3. Исаков К., Стасенко Л.Н., Алтыбаев А.Ш., Дайырбекова Д. Влияние параметров цикла светофорного регулирования на пропускную способность регулируемых пересечений // Вестник СибАДИ. 2019. №2 (66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-parametrov-tsikla-svetofornogo-regulirovaniya-na-propusknuyu-sposobnost-reguliruemyh-peresecheniy> (дата обращения: 21.02.2024).