УДК 656.13

Липенков А.В., Кузьмин Н.А., Ерофеева Л.Н.
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
E-mail: _alexl_ @mail.r

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА В СЛУЧАЕ ОТСУТСТВИЯ МАНЕВРОВ ПО ОБГОНУ АВТОБУСАМИ ДРУГ ДРУГА

В статье рассматривается математическая модель расчета пропускной способности остановочного пункта городского пассажирского транспорта. Доказывается, что пропускная способность остановочного пункта растет непропорционально увеличению числа мест обслуживания. В действующих методиках этот факт учитывается эмпирическими коэффициентами.

На основе анализа процесса функционирования остановочного пункта установлено, что снижение эффективности остановочного пункта с ростом числа мест происходит по двум причинам. Во-первых, это потери времени из-за взаимных помех между автобусами, и, во-вторых, «человеческий фактор». Сами же эмпирические коэффициенты зависят от ряда факторов и могут варьироваться в широких пределах.

Основное внимание в работе авторы акцентируют на установление математических зависимостей между потерями времени от взаимных помех и действующими на них факторами. Авторы приходят к выводу, что исследуемые задержки времени принципиально отличаются как по величине, так и по набору действующих факторов в зависимости от того, как функционирует остановочный пункт. Предложено рассматривать две схемы: движение друг за другом без маневрирования и с возможностью обгона впередистоящего автобуса.

Установлено, что на потери времени в случае движения автобусов без маневрирования оказывает влияние среднеквадратичное отклонение времени обслуживания пассажиров, а также разница во времени между моментами начала обслуживания двух соседних автобусов. С помощью аппарата теории вероятности, метода статистических испытаний Монте-Карло, а также регрессионного анализа установлены зависимости потерь времени от среднеквадратичного отклонения времени обслуживания пассажиров. Полученные зависимости позволяют более точно рассчитывать пропускную способность остановочных пунктов.

В заключении приводятся еще ряд факторов, влияющих на пропускную способность остановочного пункта и требующих детального изучения в будущих работах.

Ключевые слова: остановочный пункт, пропускная способность, время обслуживания пассажиров, городской пассажирский транспорт.

Одним из направлений развития транспортной системы России, согласно Транспортной Стратегии РФ до 2030 г. [1] является увеличение пропускной способности (ПС) и скоростных параметров транспортной инфраструктуры. Важным элементом транспортной инфраструктуры города являются остановочные пункты (ОП) городского пассажирского транспорта. В последние годы с ростом коммерциализации пассажирских перевозок в городах России и, как следствие, ростом числа коммерческих автобусов малого и особо малого класса вновь приобретают актуальность вопросы исследования ПС ОП, которые не справляются с возросшими нагрузками. В результате на загруженных ОП можно наблюдать остановки транспорта в втором и третьем ряду, ДТП и другие нарушения снижающие безопасность движения, присущие не только Нижнему Новгороду [2], Оренбургу [3], но также и всем крупным городам.

В данной работе авторами рассматривается математическая модель, применение которой позволяет более точно рассчитать ПС ОП, а значит и своевременно принять меры в случае, если она окажется недостаточной.

Для начала получим простейшую модель с работой на маршруте одномарочного (или однотипного) подвижного состава.

Представим ОП способный вместить лишь одно транспортное средство. Пусть время обслуживания, включая время открытия и закрытия дверей, на ОП постоянно и равно $t_{обсл}$.

ПС такого ОП будет максимальной, если на место убывшего автобуса сразу же поступит следующий. Поэтому сделаем допущение, что на нашем ОП есть очередь неограниченной длины.

В реальности же при смене автобусов внутри ОП будет затрачиваться дополнительное время. Обозначим его $t_{доп}$.

В этих условиях ПС ОП может быть рассчитана как:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп}} \left[ед/_{час} \right]. \quad (1)$$

Теперь представим, что ОП способен вместить одновременно 2 автобуса при тех же самых условиях. Казалось бы, ПС должна возрасти в 2 раза, так как в 2 раза возрастает число каналов обслуживания. Однако ОП имеет линейную, а не параллельную схему функционирования как, например, в системах массового обслуживания. В результате для каждого места обслуживания начнут возникать дополнительные простои, связанные с взаимными помехами между одновременно обслуживающимися автобусами.

Таким образом, ПС для двух и более мест обслуживания может быть определена как:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп} + t_{конф}} N_M \left[\frac{ед}{час} \right], \qquad (2)$$

где N_M – число мест для одновременного обслуживания (два и более); $t_{конф}$ – среднее время простоя одного места обслуживания по причине взаимных помех, сек.

Чаще всего время $t_{конф}$ представляется в виде соответствующего коэффициента $k_н$, характеризующего снижение ПС при одновременной работе нескольких мест обслуживания:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп} + t_{конф}} N_M = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп}} k_н N_M \left[\frac{ед}{час} \right]. \qquad (3)$$

Значения коэффициента $k_н$, а если быть более точным, то произведения $k_н N_M$ приводятся для ОП с карманом и без него в американском руководстве HCM2000 [4], а также в методике расчета ПС ОП, разработанной для российских условий Зедгенизовым А.В. [5].

Как можно видеть из таблицы 1, с увеличением числа мест на ОП эффективность их использования снижается. Это объясняется увеличением дополнительных задержек транспортных средств и простоем мест обслуживания из-за взаимных помех между автобусами. Сами же коэффициенты снижения эффективности получены при натурных исследованиях и считаются одинаковыми для всех ОП.

Однако, как показало наблюдение за работой автобусов на ОП в рамках комплексного исследования в Нижнем Новгороде [2] коэффициент $k_н$ можно разделить на две составляющие:

1) потери времени, возникающие от взаимных помех между одновременно находящимися на ОП автобусами;

2) неэффективное использование места на ОП, когда, например, из трех мест обслуживания занимается только два. В ряде случаев это можно объяснить неудачным размещением остановочного павильона для пассажиров [12]. В остальных же случаях «человеческим фактором» [13].

Первую составляющую представим в виде потери времени $t_{конф}$. Эта составляющая зависит от ряда факторов и может быть определена. Вторую же составляющую представим в виде коэффициента $k_н$, который может быть найден с помощью натурного эксперимента.

Таким образом, формула (3) запишется в виде:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп}} k_н N_M = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп} + t_{конф}} k_{нч} N_M \left[\frac{ед}{час} \right], \qquad (4)$$

где $k_н$ – коэффициент снижения числа мест обслуживания из-за «человеческого фактора»

Возникает вопрос, от чего зависят дополнительные задержки $t_{конф}$?

Как было выявлено в [2], на время $t_{конф}$ влияют разные факторы, в зависимости от схемы функционирования ОП. Авторы выделяют две схемы:

1) с маневрированием между автобусами, когда на любое из освободившихся мест обслуживания сразу начинает поступать автобус из очереди путем обгона впередистоящих;

2) без маневрирования, когда автобусы движутся друг за другом без обгона.

Ввиду ограничения размера статьи, далее будут приведены результаты исследования для ОП без маневрирования.

Представим, что ОП имеет два места обслуживания и функционирует в условиях, не допускающих возможность маневрирования. Пусть время обслуживания постоянно для всех автобусов и равно $t_{конф}$. Так как время обслуживания постоянно, сделаем еще одно допущение о том, что обслуживание на двух имеющих местах начинается одновременно.

Таким образом, автобусы с ОП будут уходить группами по два. Время простоя места на ОП, связанное с пересменкой автобусов, задано и равно $t_{доп}$.

При постоянном времени обслуживания между автобусами не будет наблюдаться конфликтов, так как они одновременно поступают и убывают с ОП.

Пропускная способность в этом случае будет равна:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{t_{обсл} + t_{доп}} \cdot 2. \quad (5)$$

Теперь предположим, что время обслуживания не постоянно, а является случайной величиной с параметрами а (математическое ожидание) и σ (среднеквадратичное отклонение). В этой ситуации уже будут наблюдаться простои мест обслуживания, когда, например, пришедший первым автобус уже покидает ОП, а второй еще продолжает обслуживание. Или наоборот, когда второй автобус уже закончил обслуживание, но вынужден ждать первого.

В этой ситуации время задержки на ОП рассматриваемой пары автобусов будет зависеть от автобуса, у которого время обслуживания максимально. Пропускная способность в этом случае будет равна:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{max\left(t_{обсл1}, t_{обсл2}\right) + t_{доп}} \cdot 2 = \frac{3600}{a + t_{конф} + t_{доп}} \cdot 2. \quad (6)$$

Таким образом, при наличии вариации времени обслуживания появляются дополнительные простои и ПС ОП снижается.

Интересным является выявление тенденции изменения ПС от вариации времени обслуживания. С точки зрения математики данная задача может быть сформулирована следующим образом:

Имеются две нормально распределенные случайные величины X и Y с одинаковыми математическими ожиданием а и дисперсией D. Объем выборки достаточно большой, чтобы можно было работать не с выборочными математическим ожиданием и дисперсией, а с их истинными значениями. Из каждой выборки случайным образом извлекается по одному значению и сравниваются между собой. Максимальное из этих двух значений откладывается в выборку новой случайной величины Z. Уже выбранные значения обратно не возвращаются. Требуется найти математическое ожидание и дисперсию новой случайной величины Z.

Ввиду трудоемкости этой задачи приведем не полное решение, а сразу результат. Были получены следующие значения математического ожидания и дисперсии:

$$M = a + \sigma \cdot r; \quad (7)$$

$$D = \sigma^2\left[1 - r^2\right], \quad (8)$$

где $r = 1\big/\sqrt{\rho} \cong 0{,}564$.

Таким образом, ПС ОП примет вид:

$$ПС_{оп} = \frac{3600}{a + \sigma \cdot r + t_{доп}} \cdot 2. \quad (9)$$

Как видно из выражения (9) ПС снижается с ростом среднеквадратичного отклонения (СКО), так как увеличивается разброс во времени обслуживания двух одновременно работающих на ОП автобусов, и, как следствие, растут простои.

В рассмотренном примере мы сделали допущение об одновременном поступлении двух автобусов на ОП, что позволило нам сформулировать задачу на языке теории вероятности, а затем решить её. Теперь усложним рассмотренный пример, приблизив его к реальности. Пусть автобусы начинают обслуживания на ОП не одновременно, а с некоторой задержкой. Как правило, идущий первым автобус начинает обслуживание раньше, чем следующий за ним. При этом пусть для подъезда и остановки к первому месту обслуживания (ближе к выезду с ОП) нужно затратить время $t_{доп\,1}$, а для занятия второго места $t_{доп2}=t_{доп1}+\Delta t$.

Так как время обслуживания является случайной величиной, то раньше закончить обслуживание может как первый автобус, так и второй. Но второй начал обслуживание на Δt позднее первого, следовательно, он закончит

Таблица 1. Эффективное число мест на ОП [4]

Число мест на ОП	На крайней правой полосе		В специальном кармане		Среднее число мест
	Эффективность, %	Общее число мест	Эффективность, %	Общее число мест	
1	100	1,00	100	1,00	1,00
2	85	1,85	85	1,85	1,85
3	60	2,45	75	2,60	2,52
4	20	2,65	65	3,25	2,9
5	5	2,7	50	3,75	3,22

обслуживание раньше в случае, если его время обслуживания с учетом дополнительной задержки Δt будет меньше, чем время обслуживания первого автобуса, т. е. $t_{обсл2}+\Delta t<t_{обсл1}$. При выполнении этого условия потери времени мест обслуживания от взаимных помех составят ноль секунд для первого места (так как первому автобусу никто не мешал и он закончил обслуживание последним из двух) и $\Delta t+(t_{обсл1}-(t_{обсл2}+\Delta t))=t_{обсл1}-t_{обсл2}$ для второго автобуса (на Δt он начал обслуживание позднее плюс простаивал $t_{обсл1}-(t_{обсл2}+\Delta t)$, т. к. закончил обслуживание раньше).

Во втором случае, если $t_{обсл2}+\Delta t>t_{обсл1}$, т. е. если второй автобус даже с учетом более позднего на Δt начала обслуживания закончит его раньше, простои мест обслуживания будут следующие: Δt для второго места и $t_{обсл2}+\Delta t-t_{обсл1}$ для первого места, что в сумме составит $2\Delta t+$ $+(t_{обсл2}-t_{обсл1})$.

Две описанные ситуации будут появляться на ОП с вероятностью $p_1(t_{обсл2}+\Delta t<t_{обсл1})$ и $p_2(t_{обсл2}+\Delta t<t_{обсл1})$ соответственно.

Так как наша цель найти время $t_{конф}$ для каждого из мест обслуживания, подставив его в формулу (4), а найденные выше задержки подсчитаны сразу для двух работающих автобусов, разделим их пополам. Средняя задержка $t_{конф}$ для каждого из двух мест обслуживания в этом случае может быть посчитана как:

$$t_{конф}=\left(\frac{t_{обсл1}-t_{обсл2}}{2}\right)p_1+\left(\Delta t+\frac{t_{обсл2}-t_{обсл1}}{2}\right)p_2, \quad (10)$$

при этом $p_1+p_2=1$.

Данная задача может быть также представлена в терминах теории вероятности, как и решенная выше. Отличие будет заключаться в смещении математического ожидания одной случайной величины от другой на величину Δt. Набор значений в новый массив Z в этом случае будет определяться операцией $\max(t_{обсл1}, t_{обсл1}, \Delta t)$.

Подобные рассуждения и математический аппарат могут быть использованы для рассмотрения ОП не только с двумя, но и большим числом мест для обслуживания. Однако ввиду сложности решения подобных задач и подчас невозможности получить аналитическое решение, было решено применить метод статистических испытаний Монте-Карло.

Метод Монте-Карло – это общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций стохастического (случайного) процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи [6].

Для реализации алгоритма был выбран профессиональный инструмент имитационного моделирования отечественной разработки Anylogic, хорошо зарекомендовавший себя при решении различных задач с области автомобильного транспорта [7], [8].

На рисунке 1 представлен интерфейс работы метода.

В качестве исходных данных задается математическое ожидание (М) и СКО (s), а также период времени Δt (delta) между моментами начала обслуживания соседних автобусов. По нажатию кнопки «Запустить эксперимент» вызывается функция-решатель, которая рассчитывает время $t_{конф}$ (tk), вероятности p_1 и p_2, а также характеристики вновь образованной случайной величины Z, включая гистограмму распределения. Код решателя реализован с помощью Java. Для автоматизации расчетов была написана функция, организующая изменение вариации времени обслуживания и значения

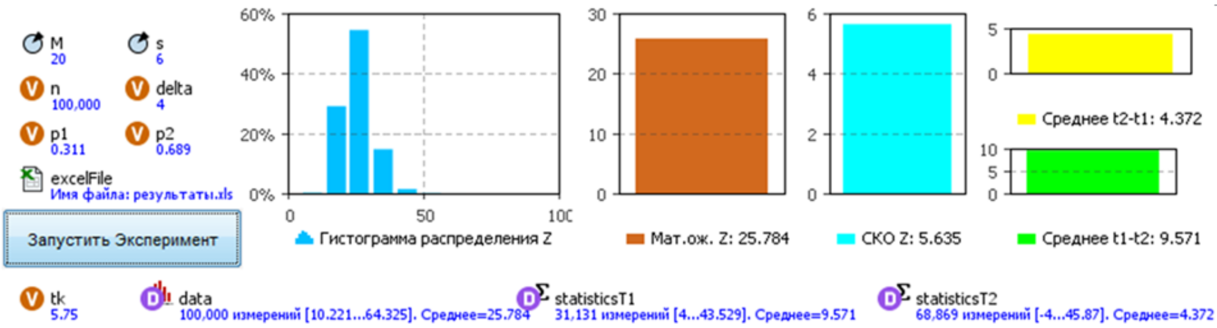

Рисунок 1. Графический интерфейс работы метода Монте-Карло

параметра Δt (delta) и вывод результатов в файл формата Excel.

При моделировании методом Монте-Карло в качестве закона распределения времени обслуживания пассажиров было принято Гамма-распределение, в соответствии с ранее полученными результатами [9].

Согласно результатам математического решения задачи (формулы 7 и 8), конфликтное время зависит только от СКО времени обслуживания. Убедимся, что в нашем, более общем случае, математическое ожидание по-прежнему не влияет на результат.

Результаты эксперимента методом Монте-Карло для трех мест обслуживания представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, изменение математического ожидания времени обслуживания практически не влияет на потери времени автобусов. Изменение среднего времени обслуживания в 8 раз приводит к изменению потерь времени на 4 сотых секунды. Таким образом, мы убеждаемся, что потери времени $t_{конф}$, являются функцией от двух параметров – СКО и смещения Δt, т. е. $t_{конф}=f(\sigma, \Delta t)$. Поэтому в дальнейшем в работе под влиянием вариации времени обслуживания мы будем понимать влияние той его составляющей, которая отвечает за степень разброса значений времени обслуживания относительно среднего значения, а именно СКО.

Посмотрим результаты работы алгоритма для двух мест обслуживания.

Как видно из рисунка 2, при среднем времени обслуживания, равном 20 секундам, и Δt, равном 4 секундам, потери времени каждого автобуса в зависимости от СКО времени обслуживания могут изменяться в диапазоне от 4 до 12,2 секунд, т. е. более чем в 3 раза, что, согласно формуле (5), приведет к снижению ПС на 25,47%. Бесспорно, данный фактор достоин детального изучения.

Теперь рассмотрим результаты моделирования для ОП, имеющего три места обслуживания, приведенные на рисунке 3.

Как можно видеть, при использовании трех мест, вместо двух, потери времени каждого ав-

Таблица 2. Потери времени $t_{конф}$ при σ=5 сек, t=4 сек

M, сек	5	10	15	20	25	30	35	40
$t_{конф}$, сек	9,5529	9,5583	9,5478	9,5363	9,5300	9,5239	9,5203	9,5149

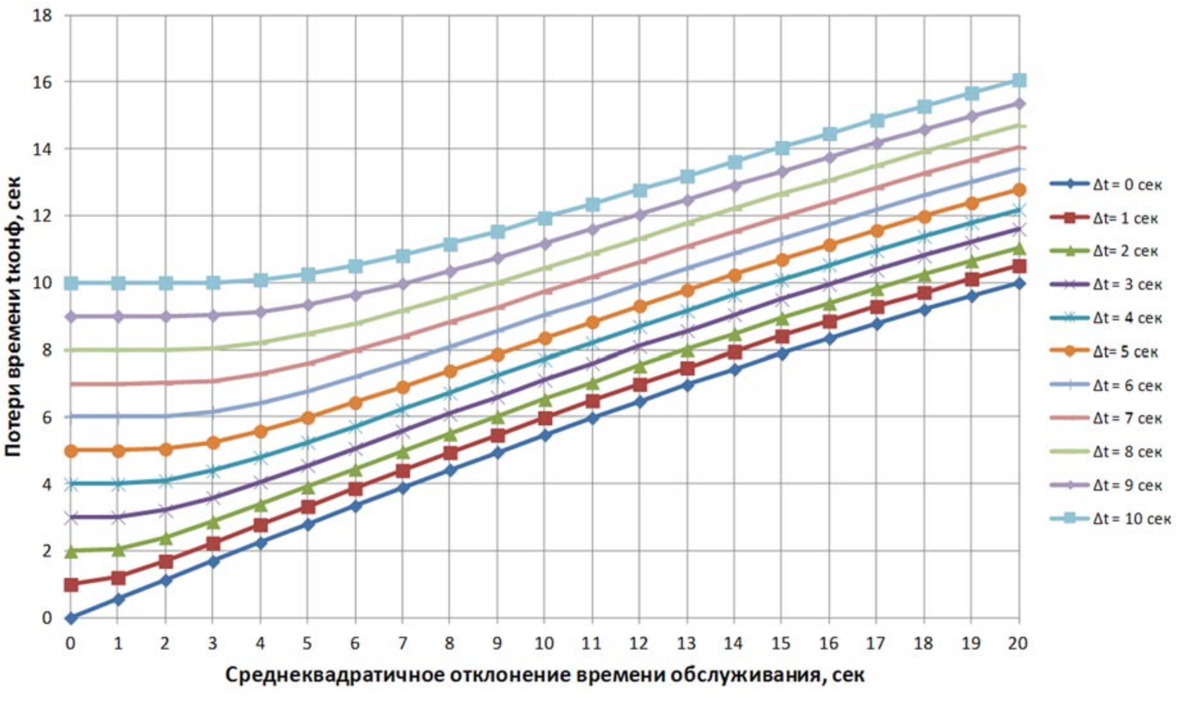

Рисунок 2. График потерь времени $t_{конф}$ для двух мест, в зависимости от вариации времени обслуживания и смещения моментов начала обслуживания

тобуса от СКО увеличиваются, однако увеличивается и число мест обслуживания, поэтому использование трех мест целесообразно.

Аналогичные результаты и графики получены для четырех и пяти мест соответственно. Использование числа мест больше пяти согласно, например, данным таблицы 1, а также другим источникам, считается нецелесообразным.

Как видно из рисунков 2 и 3, график зависимости упущенного времени от СКО имеет почти горизонтальный участок (в левой части графика) и переменную правую часть. Горизонтальный участок связан с тем, что низкие значения вариации не могут повлиять на упущенное время, так как прибывший последним автобус всегда будет заканчивать обслуживание самым последним из-за смещения Δt, которое больше возможных незначительных колебаний времени обслуживания. С ростом величины вариации времени обслуживания наблюдается линейная динамика, которая подтверждается выражением (7).

Теперь, чтобы получить окончательные математические зависимости потерь времени $t_{конф}$ от СКО времени обслуживания, необходимо определить реальные значения величины Δt, а также реальные границы изменения СКО времени обслуживания.

Согласно результатам комплексного исследования ОП [2], величина Δt распределена по нормальному закону и в среднем составляет 4 секунды (Δt=4 сек). СКО времени обслуживания может изменяться в очень широких пределах, но никогда не превышает по своему значению математическое ожидание (среднее время обслуживания пассажиров) [9].

На основании полученных в результате статистических испытаний данных были построены регрессионные модели $t_{конф}=f(\sigma)$ при Δt=4 сек для всех мест обслуживания (таблица 3).

При построении регрессионных моделей начальная левая часть графика с низким значением СКО принималась постоянной, а по данным правой части графика проводился регрессионный анализ. Во всех случаях линейные модели показывают высокую значимость, характеризующуюся значением коэффициента детерминации не менее 0,99. Данный прием был применен потому, что низкие значения СКО по данным натурных экспериментов [9] не встречаются на практике, и снижать точность регрессионных моделей этими данными не имело никакого смысла.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

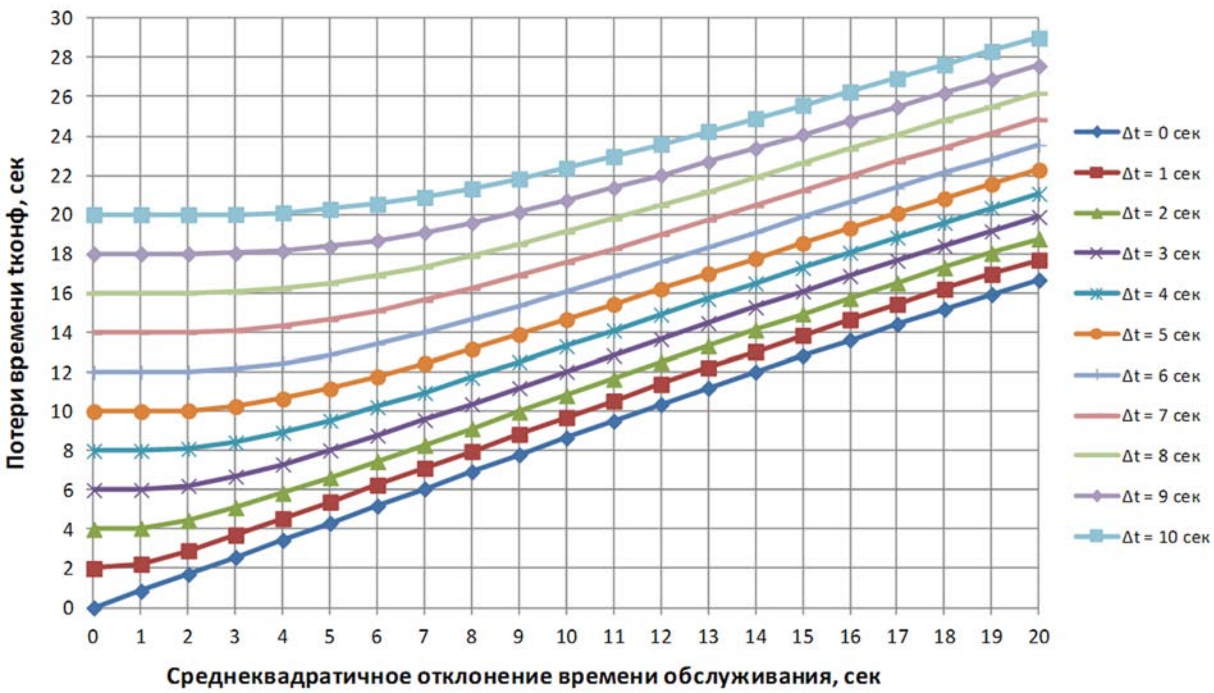

Рисунок 3. График потерь времени $t_{конф}$ для трех мест

Таблица 3. Регрессионные модели

Число мест	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации
2	$\begin{cases} t_{конф} = 0{,}4686\sigma + 2{,}9828 & 3 \le \sigma \le M, \\ t_{конф} = \Delta t & \sigma < 3 \end{cases}$	0,99912
3	$\begin{cases} t_{конф} = 0{,}7661\sigma + 5{,}7457 & 3 \le \sigma \le M, \\ t_{конф} = 2\Delta t & \sigma < 3 \end{cases}$	0,99905
4	$\begin{cases} t_{конф} = 0{,}7661\sigma + 5{,}7457 & 3 \le \sigma \le M, \\ t_{конф} = 3\Delta t & \sigma < 3 \end{cases}$	0,99680
5	$\begin{cases} t_{конф} = 1{,}1107\sigma + 11{,}9109 & 3 \le \sigma \le M, \\ t_{конф} = 4\Delta t & \sigma < 3 \end{cases}$	0,9938

1) ПС ОП растет непропорционально увеличению числа мест обслуживания за счет возникновения взаимных помех между одновременно обслуживающимися автобусами.

2) Данный факт учитывается в моделях расчета пропускной способности [4], [5] введением коэффициента неэффективности использования мест обслуживания – $k_н$. Чем больше мест на ОП, тем ниже $k_н$. Сам же коэффициент определяется путем натурных экспериментов.

3) В ходе работы было установлено, что $k_н$ может быть разделен на две составляющие, одна из которых, а именно потери времени автобусами из-за взаимных помех $t_{конф}$, может быть определена математически.

4) С помощью аппарата теории вероятности и метода статистических испытаний Монте-Карло были выявлены факторы, влияющие на потери времени $t_{конф}$ и установлены соответствующие закономерности для случая движения автобусов друг за другом без маневрирования.

5) Предложена математическая модель расчета ПС ОП, при включении в которую полученных зависимостей, можно более точно рассчитать ПС ОП.

Однако математическая модель (4) будет давать большую погрешность на реальных ОП, т.к. пока не учитывает еще ряд факторов: возможность маневрирования, задержки при убытии автобусов из заездного кармана, влияние светофорного регулирования, работу на маршруте разномарочного или разноклассового подвижного состава, что приводит к непостоянному числу мест обслуживания [10], «простоя в ожидании» дополнительных пассажиров [11], неэффективного использования места на ОП [12], а также человеческого фактора [13]. Ряд этих факторов уже рассмотрен авторами в работах [10], [11], [12].

Ближайшей перспективой работы является окончательная методика расчета ПС ОП, учитывающая все значимые факторы и ее экспериментальная проверка. Работа по созданию такой методики уже ведется и будет рассмотрена в ближайших трудах авторов.

11.03.2015

Список литературы:

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. Минтранс РФ, 2008. — [URL]: http://rosavtodor.ru/information.php?id=198.
2. Липенков, А.В. О результатах комплексного исследования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта в г. Нижнем Новгороде [Текст] / А.В. Липенков // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №4. – С. 93-102.
3. Рассоха, В.И. Комплексное исследование остановочных пунктов городского пассажирского транспорта г. Оренбурга [Текст] /М.М. Исхаков, В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 9. – С. 207-214.
4. Highway Capacity Manual. TRB, National Research Council, Washington, DC (2000).
5. Зедгенизов, А.В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст]: дис.... канд. техн. наук/ А.В. Зедгенизов. – Иркутск, 2008.
6. Alex F Bielajew. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport. 2001.
7. Липенков, А.В. Имитационная модель остановочного пункта городского пассажирского транспорта [Текст] / А.В. Липенков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – №4. – С. 50-55.

8. Кузьмин, Н.А. Моделирование транспортных процессов и управление ими [Текст] / Н.А. Кузьмин, Л.Г. Лавров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2010. – №3. – С. 138-147.
9. Елисеев, М.Е. О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст] / А.В. Липенков, О.А. Маслова, М.Е. Елисеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №3. – С. 84-93.
10. Липенков, А.В. Определение пропускной способности остановочного пункта городского пассажирского транспорта при непостоянном числе мест обслуживания [Текст] / А.В. Липенков, М.Е. Елисеев // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – № 3(130). – С. 79-81.
11. Липенков, А.В. Исследование простоев маршрутных транспортных средств в ожидании дополнительных пассажиров на остановочных пунктах [Текст] / А.В. Липенков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – №2 (85). – С. 160-166.
12. Липенков, А.В. О влиянии месторасположения павильона для пассажиров на пропускную способность остановочного пункта городского пассажирского транспорта [Текст] / А.В. Липенков // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №5. – С. 177-183.
13. Рассоха, В.И. «Человеческий фактор» в организации работы маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах [Текст] / М.М. Исхаков, В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. -2008. -№ 1. – С. 144-149.

Сведения об авторах

Липенков Александр Владимирович, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, e-mail: _alexl_@mail.ru

Кузьмин Николай Александрович, заведующий кафедрой автомобильного транспорта Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, доктор технических наук, e-mail: kafat@gmail.com

Ерофеева Лариса Николаевна, заведующий кафедрой высшей математики Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, кандидат физико-математических наук, e-mail: erofeevaln@mail.ru

603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, 24, тел. (831) 4364383