

УДК: 656.072

**П.Ф. Горбачев, Е.В. Любый, Акбар Джан Полад***Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет***К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЁМКОСТИ ВЫСШИХ ТРАНСПОРТНЫХ РАЙОНОВ  
ПО ПРИБЫТИЮ И ОТПРАВЛЕНИЮ ПАССАЖИРОВ**

*В статье рассматривается подход к определению емкостей высших транспортных районов по отправлению и прибытию пассажиров, который учитывает величину транзитных пассажирских потоков, следующих через высшие транспортные районы. Предложенный подход построен на использовании теоретических основ функций расселения населения в городах. Использование данного подхода позволяет с достаточной степенью точности получить модель транспортного спроса на перемещение городского населения пассажирским транспортом.*

*Ключевые слова:* функция расселения населения, высший транспортный район, емкость по отправлению и прибытию пассажиров, городской пассажирский транспорт, транзитный пассажиропоток.

**П.Ф. Горбачев, Е.В. Любый, Акбар Джан Полад****ЩОДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСТКОСТІ ВИЩИХ ТРАНСПОРТНИХ РАЙОНІВ З  
ПРИБУТТЯ ТА ВІДПРАВЛЕННЯ ПАСАЖИРІВ**

*У статті розглядається підхід щодо визначення місткостей вищих транспортних районів з відправлення та прибуття пасажирів, який враховує величину транзитних пасажирських потоків, що прямують через вищі транспортні райони. Запропонований підхід побудований на використанні теоретичних основ функцій розселення населення в містах. Використання даного підходу дозволяє з достатнім ступенем точності отримати модель транспортного попиту на переміщення міського населення пасажирським транспортом.*

*Ключові слова:* функція розселення населення, вищий транспортний район, місткість з відправлення та прибуття пасажирів, міський пасажирський транспорт, транзитний пасажиропотік.

**P.F. Horbachov, E.V. Liubyi, Akbar Jan Polad****DEFINITION OF THE CAPACITY OF MAIN ZONES ON THE DEPARTURE AND ARRIVAL  
OF PASSENGERS**

*The article deals with an approach to the definition of the capacity of main zones on the departure and arrival of passengers, which takes into account the value of transit passenger flows through the following of main zones. The proposed approach is based on the use of theoretical bases of population settlement functions in cities. The developed approach has several disadvantages: firstly, the need for proper, high-quality, skilled division of the territory of the of main zones, which is an example of Kabul city rather difficult to make due to the significant size of the object of research; secondly, the need for accurate and objective information on the number and locations of items passengers' gravity.*

*Keywords:* function of population distribution, the main zones, the capacity of departure and arrival passengers, urban passenger transport, transit passengers flow.

**Постановка проблемы.** Моделирование потребностей населения в передвижениях является наиболее ответственной задачей из всех этапов решения проблемы повышения эффективности функционирования городского пассажирского транспорта (ГПТ). Это обуславливается сложным двумерным характером модели, для которой в настоящее время не существует четких критериев качества, а также ее высокой значимостью для надежности результатов решения задачи определения потребностей населения в передвижениях [1, 2]. Чаще всего потребности населения в передвижениях представляются в виде квадратной матрицы пассажирских корреспонденций (МПК). Под пассажирской корреспонденцией понимают «доставку пассажиров к месту назначения» [3]. Следует понимать, что корреспонденции, которые собраны в МПК, имеют несколько иной характер – в каждой ячейке матрицы содержится количество потенциальных передвижений из района  $i$  в район  $j$  [4]. Получение объективной и точной МПК для рассматриваемого периода и объекта исследования является главной задачей этапа моделирования потребностей населения в передвижениях. Поэтому разработка новых подходов формирования МПК, которые с достаточной степенью точности отражали бы реальную картину перевозочного процесса пассажиров в городах, является актуальным вопросом для науки и практики.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В научной и практической литературе выделяют два основных, но кардинально разных подхода к формированию МПК. Первый заключается в проведении натурных обследований передвижений пассажиров [2, 4-6]. Преимуществом использования такого подхода является получение максимально достоверных результатов обследования. Основными же недостатками этого подхода являются достаточно

высокая трудоемкость и ограниченность сегмента, для которого поступает информация, чаще всего это данные о потребностях населения в трудовых передвижениях. Необходимо отметить, что проведение таких обследований в настоящее время является маловероятным, в связи с ограниченными возможностями законодательной базы страны. Это связано с наличием административного ресурса, характерного для плановой экономики.

Второй подход формирования МПК заключается в использовании различных гравитационных моделей расселения [7, 8] или энтропийных моделей [9 - 12], в основу которых положены гипотезы о схожести транспортной системы города с термодинамическими процессами. Использование такого подхода имеет значительно меньшую трудоемкость формирования МПК, но, в свою очередь, не позволяет получить достаточно точных результатов. Разница между теоретическими и реальными значениями при прогнозировании объема корреспонденций может превышать 200 % [2, 4, 13]

Очевидным преимуществом гравитационных моделей является простота их реализации, а одним из главных недостатков – не учитывают индивидуальные предпочтения населения при осуществлении передвижений.

Преимуществами энтропийных моделей является то, что в них вместо средних величин характеристик передвижения вводятся условия об априорных предпочтениях формирования транспортных пар районов и, которые формируют более близкие варианты (по вероятности распределения корреспонденций) к реальной транспортной системе, которая формируется с учетом предпочтений пассажиров. Недостатком же таких моделей, как и для всех синтетических, является низкая точность расчетов.

Другой важный класс синтетических моделей составляют различные модификации модели промежуточных возможностей Стоуффера [14]. В модель Стоуффера заложено предположение, что объем корреспонденции между двумя центрами определяется не столько расстоянием между ними, сколько количеством и емкостью альтернативных центров прибытия на пути, который соединяет центры, т. е. количеством альтернативных возможностей посещения.

Основное отличие моделей гравитационного типа и моделей промежуточных возможностей состоит в том, что гравитационные модели основаны на расчете транспортной доступности центров прибытия, которые рассматриваются преимущественно изолированно от альтернативных центров, а модели промежуточных возможностей учитывают взаимное расположение альтернативных возможностей прибытия и не используют показатель транспортной доступности.

Описанные синтетические модели касаются только этапа распределения корреспонденций между парами транспортных районов (ТР). Выделенные недостатки подтолкнули к попытке перехода от синтетических методик формирования МПК к использованию моделей дискретного выбора для распределения корреспонденций между парами ТР [15]. Но возможности моделей дискретного выбора для решения подобного вопроса подвергаются серьезной критике в работе [16]. Автор этой работы утверждает, что MNL модель, которая часто используется в транспортном планировании, с ее типичной экспоненциальной функцией оценки, не соответствует человеческому поведению при малых затратах, поскольку вероятность положительной оценки малых затрат минимальна. Приведенная в работе функция EVA, предназначенная для оценки матриц корреспонденций, базируется на дифференцированном определении причин передвижений и устраняет этот недостаток MNL модели [4]. Предложенные автором зависимости имеют априорный характер и предназначены только для повышения гибкости инструментов транспортного планирования. Они не лишены основных недостатков всех описанных выше подходов для моделирования МПК, а именно использование транспортных факторов как таковых, что основным образом определяют выбор пары «источник – цель» и отсутствие непосредственной оценки результатов моделирования.

Следует понимать, что при формировании МПК основной альтернативой натурным наблюдениям являются синтетические модели формирования матриц корреспонденций. Но их корректное использование возможно только в том случае, когда существуют предпосылки оценки их качества. Характерной чертой существующих методов получения матрицы корреспонденций является то, что они основаны на поисках закономерностей в выборе пары «жилье – работа», существование которых основано на законе больших чисел и соблюдение которого возможно только для крупных и крупнейших городов. Кроме того, реализация этих методов требует серьезных трудовых и материальных затрат, что является важным препятствием на пути их реализации [2].

Необходимо отметить, что процесс моделирования МПК имеет сложный и трудоемкий характер. Основные подходы к формированию МПК, а именно формирование матрицы корреспонденций на основе проведения натуральных наблюдений и моделирования матрицы с использованием синтетических моделей, имеют ряд значительных недостатков. Для первой группы это потребность в значительных затратах трудовых и временных ресурсов на их реализацию, а для второй – значительные разбежности между реальными и расчетными значениями корреспонденций.

Принято считать, что полученные с помощью натуральных наблюдений МПК являются реальным отображением потребностей населения в передвижениях на период проведения обследования. Но результаты обследований значительно теряют свою актуальность на момент реализации управленческих решений, которые производятся с помощью натурной МПК, поскольку характеризуются значительным промежутком времени между началом обследования и получением результатов. Из этого следует, что для получения МПК, которая отображала бы период реализации управленческих решений, необходимым является использование синтетических моделей формирования МПК, реальная проверка которых возможна только при наличии специальных методов оценки точности матриц [4].

Необходимо понимать, что в настоящее время учеными и специалистами в области транспортного планирования не ставится задача получения точного значения корреспонденции в матрице, поскольку проверить расхождение расчетной и фактической МПК невозможно, из-за отсутствия последней. Это можно подтвердить цитатой из Инструкции по определению пропускной способности дорог Вашингтонского Национального исследовательского совета: «Цель оценивания состоит не в определении точной матрицы корреспонденций, а в нахождении таковой, которая достаточно близка к ней и соответствует данным интенсивности движения» [17].

Вопросам разработки моделей восстановления матриц корреспонденций наибольшее внимание уделяют зарубежные ученые, в исследованиях преимущественно встречаются робастные модели оценки точности матриц корреспонденций [18].

На постсоветском пространстве исследования в области восстановления матриц корреспонденций проводились преимущественно для маршрутов общественного транспорта [19].

В настоящее время методы восстановления матриц корреспонденций, в основном, используются для решения только локальных задач при исследованиях интенсивностей транспортных потоков на улично-дорожной сети. При исследованиях функционирования системы ГПТ они практически не используются. В основном, при решении подобных вопросов используются синтетические модели, основанные на гипотезах относительно закономерностей формирования корреспонденций. Среди таких моделей наиболее распространенными являются гравитационная и энтропийная модель.

Более перспективным представляется другой оценочный подход, который базируется на непосредственном учете случайного характера фактического состояния потребностей населения в передвижениях. Поиск именно такого состояния матрицы весьма сложен. При этом следует также учитывать и тот факт, что проверить его на подлинность также невозможно при отсутствии фактической матрицы, а это условие выполняется всегда, иначе нет смысла в расчете корреспонденций. В этих условиях, при принятии решений относительно вариантов развития маршрутной сети города, следует использовать один вариант МПК, а границы интервала возможных значений матрицы при заданных емкостях ТР. Такая концепция позволяет получить достоверные интервальные оценки показателей функционирования ГПТ, которые используются в качестве критериев эффективности маршрутной системы [4].

В рамках этой концепции границы интервала возможных значений ГПТ определяются экстремальными вариантами матрицы, минимизирующими и максимизирующими основной показатель, характеризующий ее состояние. С использованием этого подхода также можно проводить дополнительную оценку эффективности функционирования ГПТ на основе отдельных вариантов МПК внутри этого интервала, но для этого необходима разработка методики их получения [6]. Возможным вариантом таких методик является использование известных синтетических методов моделирования потребностей населения в передвижениях [2]. Для реализации такого подхода необходимо определить основную характеристику состояний МПК, оказывающую наиболее существенное влияние на показатели качества функционирования ГПТ и позволяющую оценивать различия между разными вариантами матрицы.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что основные методы моделирования МПК базируются на использовании общегородских территориальных

характеристик для получения емкостей ТР и последующем распределении этих емкостей между корреспонденциями на основе априорных гипотез, основанных на большом количестве участников транспортного процесса. Одним из основных недостатков наиболее распространенных синтетических моделей является отсутствие единых методик расчета корреспонденций и неспособность имеющихся методик обеспечить соответствие расчетных МПК начальным емкостям ТР. Такой недостаток исключает возможность оценки точности расчетной МПК.

**Постановка задачи.** Целью данного исследования является разработка подхода к определению емкостей по отправлению и прибытию пассажиров территориальных объектов (зон), которые будут использованы для моделирования МПК г. Кабул. Необходимо отметить, что формирование точной и объективной модели транспортного спроса на передвижения населения г. Кабул пассажирским транспортом является сложным и многоэтапным процессом, основными из которых являются: формирование высших (укрупненных) транспортных районов (ВТР) и определение их емкостей по отправлению и прибытию пассажиров; выделение ТР из ВТР и расчет их характеристик; расчет пассажирских корреспонденций на основании гравитационной модели.

Под ВТР следует понимать территориальную единицу, которая объединяет в себе несколько ТР. Площадь г. Кабул имеет значительные размеры, более 300 км<sup>2</sup>, что существенно увеличивает масштаб и трудоемкость проведения обследования пассажиропотоков на участках маршрутной сети ГПТ, потому формирование и расчет характеристик ВТР для разработки модели спроса на передвижения населения г. Кабул пассажирским транспортом является необходимым и даже обязательным этапом [3]. На примере г. Кабул в качестве основных критериев выделения ТР из ВТР могут быть использованы: плотность населения, тип застройки, плотность мест приложения труда, количество занятого населения и др. Также необходимо принимать во внимание возможности программных продуктов по транспортному планированию.

**Изложение основного материала.** Одной из проблем формирования МПК является получение точной и объективной информации для моделирования емкостей ВТР по отправлению и прибытию пассажиров. Выделяя на первом этапе моделирования МПК ВТР появляется возможность уменьшения затрат различных ресурсов на проведение обследования пассажиропотоков. Этого можно добиться за счет минимизации количества мест проведения наблюдений, а не за счет исключения из обследования некоторого числа магистральных улиц, по которым проходят трассы маршрутов ГПТ, т.е., за счет минимизации количества транспортных связей при моделировании ВТР. Также следует отметить, что для выделения границ ВТР целесообразно использовать рекомендации [20-25]. Завершающей стадией моделирования ВТР является определение их емкостей по отправлению и прибытию пассажиров из (в) них. В рамках данного исследования предлагается определять емкости ВТР по отправлению и прибытию на основании функции расселения населения относительно территории города [26, 27], а также результатов натурного исследования пассажиропотоков.

Следует отметить, что одной из основных проблем при использовании представленного подхода к расчету емкостей ВТР по отправлению и прибытию пассажиров, является определение размеров транзитного пассажиропотока. В настоящее время уже существуют подходы, способы и методики определения транзитных потоков в различных транспортных системах, но они, в своем большинстве, применяются для решения задач связанных с эффективностью организации движения транспортных потоков. Их применение на примере пассажирских потоков является весьма трудоемким и дорогостоящим, поскольку появляется необходимость приобретения дополнительной техники и привлечения еще большего количества учетчиков. Все это существенно влияет на качество и точность получаемой информации.

В рамках данного исследования, транзитным пассажиропотоком ВТР называется количество пассажиров, которые реализуют свои потребности за счет передвижения от пункта опрвления до пункта назначения, используя транспорт, с обязательным пересечением границ ВТР, за определенный промежуток времени. Для того чтобы разобраться в сущности самого понятия транзитного пассажиропотока, необходимо проанализировать причины его появления. Итак, транзитные пассажиропотоки могут появиться вследствие следующих основных причин: отсутствие прямой транспортной связи, по которой пассажир мог бы добраться от места отправления к месту назначения, не пересекая при этом границ определенного ВТР; необходимости пассажира в передвижении к месту приложения труда или жительства, добраться к которым возможно лишь только при пересечении границ определенного ВТР.

Итак, предположим, что для города Кабул известна функция расселения населения, при этом кривая имеет вид закона распределения Эрланга с параметром формы равным 4 [26, 27] (рис. 1).

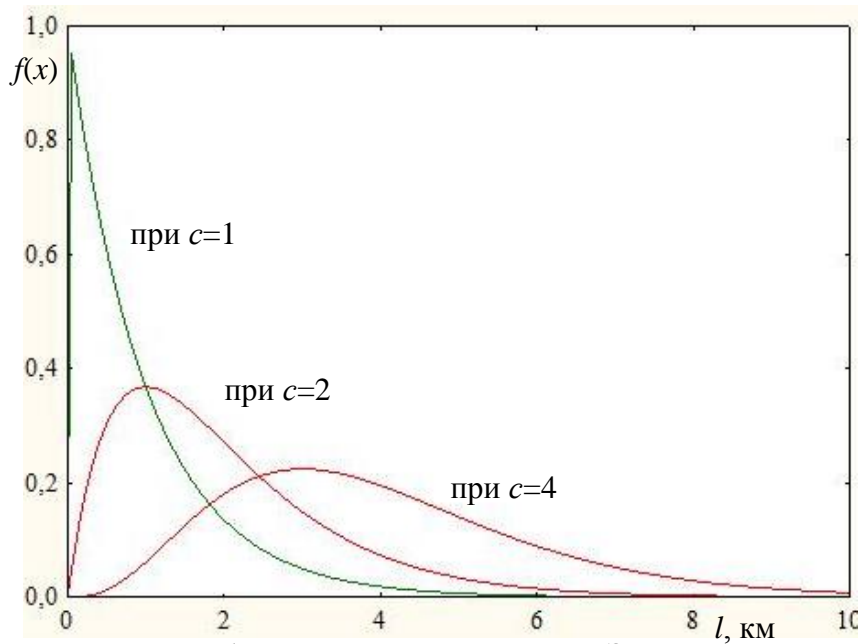


Рис. 1. Плотность распределения Эрланга

Функция распределения Эрланга определяется как [28]

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \sum_{i=0}^{c-1} \frac{(\lambda x)^i}{i!}, \tag{1}$$

где  $\lambda = \frac{1}{b}$ ,  $b$  - параметр масштаба (среднее значение);  $x$  - значение случайной величины;  $c$  - параметр формы (целое положительное число).

В свою очередь, плотность распределения Эрланга составляет [28]

$$f(x) = \frac{\lambda(\lambda x)^{c-1}}{(c-1)!} e^{-\lambda x}. \tag{2}$$

Также предположим, что по результатам обследования известны величины пассажирских потоков, входящих в ВТР и выходящих из них. Входы и выходы должны быть представлены так, чтобы в один общий вход или выход объединялись отдельные входы-выходы, транзит по которым через ВТР невозможен, а количество общих входов-выходов в ВТР было четным. Тогда каждая пара общих входов-выходов представляет собой направление транзитных перемещений через ВТР (рис. 2).

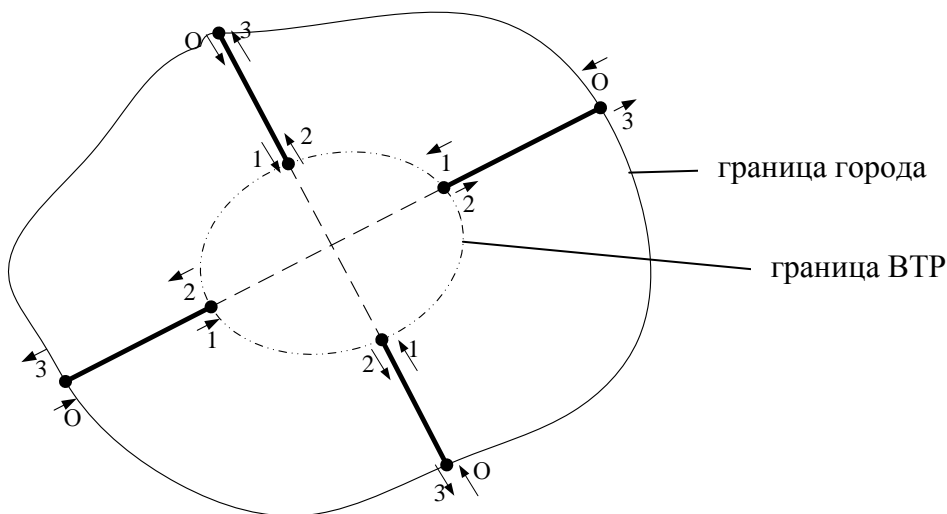


Рис. 2. Графическая интерпретация определения транзитных потоков

Условные обозначения: 1, 2 – отдельные входы-выходы в (из) ВТР; О – общий вход-выход в (из) ВТР; 3 – выход, транзит через который невозможен; — направление движения пассажиропотока.

При этом каждая пара общих входов-выходов порождает два направления «вход – выход», для которых на основе функции расселения населения существует возможность определить вероятность транзита как

$$1 - P_3, \quad (3)$$

где  $P_3$  - вероятность окончания поездки в ВТР.

Вероятность того, что пассажиры закончат поездку в ВТР определяется следующим образом

$$P_3 = \int_{l_1}^{l_2} f(l) dl, \quad (4)$$

где  $l_1, l_2$  - расстояние от выхода, транзит через который невозможен до точки входа и выхода в (из) ВТР (рис. 3), км.

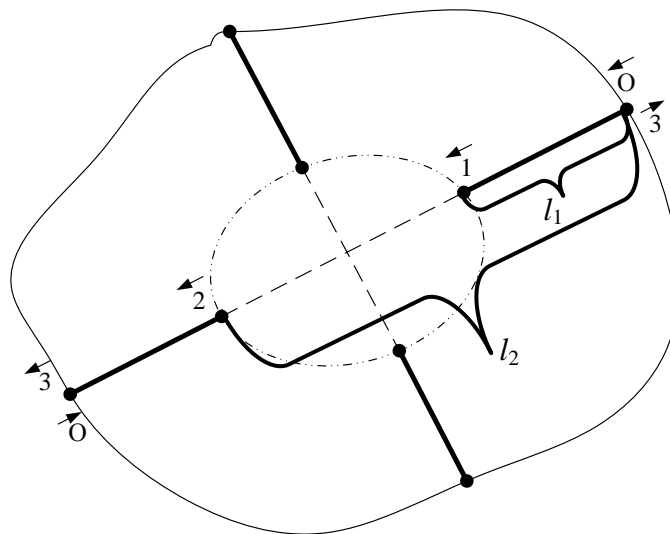


Рис. 3. Определение расстояний  $l_1, l_2$

Графическая интерпретация определения вероятности окончания поездки в ВТР приведена на рис. 4.

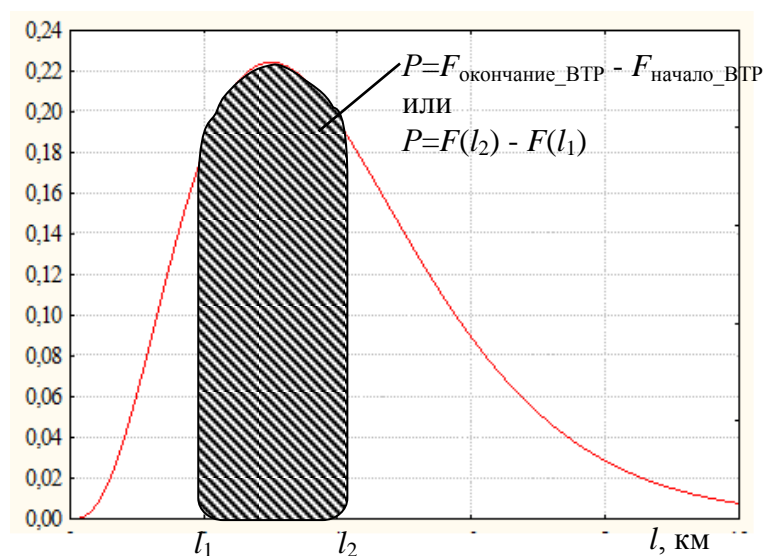


Рис. 4. Графическая интерпретация определения вероятности окончания поездки в ВТР

Следует заметить, что количество пассажиров, следующих транзитом, не входят в будущие емкости ВТР по отправлению и прибытию.

Емкость ВТР по прибытию является суммой всех пассажиров, которые заканчивают поездку в нем

$$A_{\text{втр}} = \sum_k^{2 \cdot n_{\text{овв}}} F_{\text{вх}_k} \cdot P_{3_k} + A_{\text{вм}}, \quad (5)$$

где  $F_{\text{вх}_k}$  - входящий поток по  $k$ -му направлению, пасс.;  $A_{\text{вм}}$  - количество пассажиров, которые начинают и заканчивают поездку в данном ВТР, пасс.;  $n_{\text{овв}}$  - количество общих входов – выходов для ВТР; 2 – количество направлений.

В свою очередь, количество пассажиров, которые начинают и заканчивают поездку в данном ВТР определяется следующим образом

$$A_{\text{вн}} = \sum_{k=1}^n F_{\text{исх}_k} \cdot P_{\text{втр}_k}, \quad (6)$$

где  $F_{\text{исх}_k}$  - суммарный исходящий поток по  $k$ -му направлению, пасс.;  $P_{\text{втр}_k}$  - вероятность того, что поездка, начавшаяся в данном ВТР, в нем же и закончится.

В общем случае вероятность того, что поездка, начавшаяся в ВТР, в нем же и закончится, определяется как

$$P_{\text{втр}} = \int_0^{l_2-l_1} f(l) dl, \quad (7)$$

где  $l_2 - l_1$  - протяженность ВТР по направлению, км.

При этом

$$A_{\text{вн}} = D_{\text{вн}}, \quad (8)$$

а емкость ВТР по отправлению будет рассчитываться следующим образом

$$D_{\text{втр}} = \sum_k^{2 \cdot n_{\text{овв}}} F_{\text{исх}_k} - F_{\text{вх}_k} \cdot (1 - P_{3_k}) + D_{\text{вн}}. \quad (9)$$

Следует отметить, что количества ВТР недостаточно для расчета МПК, так как необходимо более детальное описание спроса на передвижения населения ГПГ. В связи с этим данные о количествах отправляющихся (прибывающих) пассажиров из (в) ВТР необходимо локально распределить между выделенными ТР ВТР.

**Выводы.** Разработанный подход позволяет определить емкости ВТР по отправлению и прибытию пассажиров с учетом величины транзитного пассажиропотока. Однако данный подход имеет ряд недостатков: во-первых, необходимость правильного, качественного, квалифицированного разделения территории города на ВТР, что на примере г. Кабул сделать достаточно затруднительно в связи со значительными размерами объекта исследования; во-вторых, необходимость точной и объективной информации о количестве и местах дислокации пунктов тяготения пассажиров (места приложения труда и места проживания).

### Список использованных источников:

1. Горбачов П.Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах : монографія / П.Ф. Горбачов. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 196 с.
2. Горбачов П.Ф. Моделювання попиту на перевезення населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом : монографія / П.Ф. Горбачов, Є.В. Любий. – Харків : ХНАДУ, 2014. – 134 с.
3. Пасажирські автомобільні перевезення. Терміни та визначення : Державний стандарт України (ДСТУ 2610-94) / Держстандарт України, 1994. – 28 с.
4. Горбачов П. Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах : дис. ... доктора техн. наук : 05.22.01 / Петро Федорович Горбачов. - Х., 2009. – 370 с.
5. Горбачев П. Ф. Совершенствование схем маршрутов автобусов в крупнейших городах : дис. ... канд. техн. наук / Горбачев Петр Федорович. - Харьков. 1993. - 164 с.
6. Россолов О. В. Удосконалення інтервальної концепції визначення попиту на послуги пасажирського маршрутного транспорту в великих містах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 «Транспортні системи» / О. В. Россолов. - Х., 2012. - 20 с.
7. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. - М. : Транспорт, 1978. - 125 с., Самойлов Д. С. Исследование методов расчета пассажиропотоков на городском транспорте. - В кн. : Инженерные проблемы градостроительства и прикладная геометрия в архитектурно-строительном проектировании : Сб. трудов МИСИ. - М, 1977. - 149. - С. 3-12.
8. Брайловский Н. О. Проблемы повышения эффективности функционирования транспортных сетей городов : дис. ... доктора техн. наук : спец. 05.22.10 / Брайловский Н. О. - М, 1981. - 327 с.
9. Булычева Н. В. Расчет пассажиропотоков и оптимизация

параметров маршрутных схем. - В кн. : Математические методы в управлении городскими транспортными системами / Н. В. Булычева, В. П. Федоров. - Л. : Институт социально-экономических проблем, 1979. - С. 65-90.

10. Демирчян С. К. Разработка и исследование моделей транспортных систем с ограниченной пропускной способностью : дис. ... канд. техн. наук / Демирчян С. К. - М., - 1985. - 129 с.

11. Лившиц В. В. Системная концепция города и математическое моделирование адаптационного поведения городского населения / Лившиц В. В. - В кн. : Использование прикладного системного анализа в проектировании и управлении развитием городов. М. : Стройиздат, 1974. - С. 120-147.

12. Федоров В. П. Математическая модель расчета пассажиропотоков в маршрутной сети города / Федоров В. П. - В кн. : Город и пассажир. Градостроительные проблемы развития пассажирского транспорта : Тезисы докладов к III Ленинградской научной конференции, Л. : Стройиздат, 1975. - С. 63-70.

13. Грановский Б. И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах : Автомобильный и городской транспорт (Итоги науки и техники). Грановский Б. И. - М. : ВИНТИ, 1986. - 67 - 105 с.

14. Stouffer S. A. Intervening opportunities: a theory relating mobility and distance / S. A. Stouffer // *American Sociological Review*. 1940. V. 5. P. 845-867.

15. Ortuzar J. D. Modelling Transport / J. D. Ortuzar, L. G. Willumsen. - Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2006. - P. 499.

16. Лозе Д. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта, обзор теории моделирования / Д. Лозе // Сборник докладов 7-й междунар. конф. "Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах". - СПб : СПб гос. архит. - строит. ун-т. 2006. - С. 170-186.

17. Highway Capacity Manual 2000 : Transportation Research Board, National Research Council. - Washington, D.C., USA, 2000. - 1134 p.

18. Михайлов А. Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов : монография / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. - Новосибирск: Наука, 2004. - 267 с.

19. Автоматизация управления транспортными системами / под ред. А. А. Воронова. - М. : Наука, 1984. - 272 с.

20. Митаишвили Р. Л. Система показателей хозяйственной деятельности на пассажирском автомобильном транспорте / Р. Л. Митаишвили. - М. : Транспорт, 1987. - 87 с.

21. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. - М.: Транспорт, 1990. - 240 с.

22. Глик Ф.Г. Пособие П2-99 к СНБ 3.03.02.-97 «Обследование транспортных потоков и прогнозирование сети городских улиц и дорог» / Ф.Г. Глик, С.А. Брандин, И.С. Борисик. - Минархстрой РБ: Минск, 1999. - 57с.

23. Горбачев П.Ф. Основы теории транспортных систем / П.Ф. Горбачев, И.А. Дмитриев. - Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. - 202 с.

24. Ройко Ю.Я. Щодо визначення основних принципів транспортного районування [Електронний ресурс] / Цифровий репозиторій ХНУМХ ім. А.М. Бекетова. - Режим доступу : \WWW/ URL: <http://http://eprints.kname.edu.ua/29545/1/34.pdf>. - Назва з екрану.

25. Трофименко Ю.В. Транспортное планирование: Формирование эффективных транспортных систем крупных городов / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. - М.: Логос, 2013. - 464 с.

26. Свічинський С.В. Формування функцій розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / С.В. Свічинський. - ХНАДУ – Х., 2015. - 20 с.

27. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Цибулка Я. - М. : Транспорт, 1987. - 239 с.

28. Хастингс Н. Справочник по статистическим распределениям / Н. Хастингс, Дж. Пикок : Пер. с англ. - М. : Статистика, 1980. - 95 с.

Стаття надійшла до редакції 25.11.2016.