

УДК 656.072

П.Ф. Горбачев, Е.В. Любый, Акбар Джан Полад

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков*

## РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ВАРИАНТА ПАССАЖИРСКОЙ МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА КАБУЛ

*Представлен рациональный вариант транспортного обслуживания пассажиров маршрутной системой городского пассажирского транспорта города Кабул. Для формирования рационального варианта пассажирской маршрутной системы города Кабул и оценки его эффективности использованы результаты визуального обследования пассажиропотоков, а также программный комплекс транспортного моделирования Visum.*

**Ключевые слова:** маршрутная система, городской пассажирский транспорт, эффективность, среднее время передвижения, Visum.

### Постановка проблемы

Одной из наиболее острых социально-экономических проблем Исламской Республики Афганистан (ИРА) является резкий рост городского населения, что обусловлено существенно более высоким уровнем жизни городского населения по сравнению с уровнем жизни в сельской местности. Крупнейшими городами ИРА являются Кабул, Кандагар, Герат, Мазари-Шариф, Джалал Абад. Численность населения города Кабул и других больших городов растет быстрыми темпами за счет естественного прироста, а также за счет миграции жителей из малых населенных пунктов и возвращения населения, покинувшего территорию ИРА на период военных действий. В столице республики – городе Кабул, сосредоточено около 50% всего городского населения республики. По последним оценкам общая численность населения города Кабул достигла примерно более 4 млн. чел., при условии, что планировка города рассчитана на комфортное проживание 1,5–2 млн. чел. Такая перенаселенность столицы ИРА сказывается на многих сферах городского хозяйства, и в первую очередь, на городском пассажирском транспорте (ГПТ).

Транспортная система города Кабул в настоящее время находится в крайне сложном положении и имеет скорее стихийный, чем системный характер. Основным средством передвижения населения и гостей города являются легковые автомобили и частные микроавтобусы, перевозящие небольшое количество пассажиров. Общественный транспорт, представленный исключительно автобусными маршрутами, не играет существенной роли в перевозке пассажиров. Транспортные проблемы также усугубляются

сложным рельефом города Кабул и это уже сейчас приводит к колоссальной перегрузке улично-дорожной сети в центральной части города, что обуславливает крайне низкую скорость передвижения пассажиров по городу.

Решение транспортных проблем города Кабул должно базироваться на объективной информации о потребностях жителей и гостей города в передвижениях по городу, однако такая информация в настоящее время отсутствует. Значительные проблемы в транспортном обслуживании населения и информационном обеспечении транспортного процесса в городе Кабул свидетельствуют о необходимости детального исследования закономерностей функционирования системы ГПТ. Использование таких закономерностей позволит сформировать достаточно точную и объективную модель транспортного процесса в городе, учитывающую особенности местного процесса перевозки пассажиров, и на этой основе сформировать эффективный вариант технологии транспортного обслуживания населения города на основе организации рациональной маршрутной системы (МС) ГПТ для города Кабул.

### Анализ последних исследований и публикаций

Разработка рационального варианта МС городов предполагает наличие точной и объективной модели транспортного спроса и предложения.

Следует понимать, что основные подходы к формированию моделей спроса на пассажирские передвижения, а именно проведение натурных обследований [1-6] и моделирование с использованием синтетических (априорных) методов [7-9], имеют характерные недостатки. Для

первой группы методов это - потребность в значительных трудовых и временных затратах на их реализацию, а для второй - большие различия между реальными и расчетными значениями корреспонденций [10].

Также следует отметить, что в настоящее время уже существуют инструменты, которые позволяют решать проблемы обеспечения эффективного транспортного обслуживания населения городов, схожих по основным параметрам с городом Кабул на высоком качественном уровне [11]. Одним из них является программный комплекс VISUM, который использован для формирования транспортной модели города Кабул.

Для формирования матрицы пассажирских корреспонденций (МПК) для города Кабул разработан подход, который основывается на использовании функции расселения населения [10]. Использование данного подхода позволяет определить ёмкости высших транспортных районов (ВТР) на основании результатов визуального обследования пассажиропотоков на маршрутной сети города Кабул. Следует отметить, что сама МПК моделируется с использованием гравитационной модели.

Основными преимуществами предлагаемого подхода к формированию МПК являются, во-первых, использование точных и объективных данных о потоках пассажиров, полученных вследствие проведения натурных обследований, во-вторых, при корректном выделении границ ВТР существует возможность определения достаточно точного значения величины транзитного пассажиропотока и внутренних передвижений, в-третьих, полученные значения корреспонденций являются основной базой для разработки рационального варианта МС ГПТ города Кабул.

### Изложение основного материала

Объектом проведения экспериментальных исследований является город Кабул, численность населения которого составляет более 4 млн. чел. Обслуживание населения города производится преимущественно индивидуальным транспортом малой и очень малой вместимости, владельцами которого являются частные лица. Также следует отметить и тот факт, что система ГПТ в городе Кабул работает хаотично: транспортные средства работают без расписания, водители транспортных средств не соблюдают правила дорожного движения и часто отклоняются от трассы маршрута и т.д. Все это существенно усложняет задачу сбора точной и объективной информации о передвижениях пассажиров в городе Кабул.

Использование существующих методов сбора информации для проведения мероприятий по повышению эффективности функционирования транспортной системы ГПТ в городе Кабул является

затруднительным. И с этим связано несколько причин, во-первых, существующая законодательная база сферы транспорта несовершенна, а во-вторых, отсутствуют специалисты по транспортному планированию, которые могли бы организовать и провести транспортные обследования. Учитывая необходимость минимизации затрат различных видов ресурсов на проведение транспортных исследований, а также специфику исследуемого объекта, в качестве основного метода сбора исходной информации выбран визуальный метод, который реализуется с использованием видеоаппаратуры на основных магистралях города.

Для реализации выбранного способа проведения обследования пассажиропотоков, а также для разработки рационального варианта МС ГПТ для города Кабул была разработана модель транспортного предложения с использованием программного продукта VISUM [12]. Характеристика модели транспортного предложения для города Кабул приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Общая характеристика модели транспортного предложения

Элементы модели	Значение
Узлы, ед.	419
Отрезки, ед.	1032
Остановочные пункты общественного транспорта, ед.	308
Транспортные районы, ед.	104
Высшие транспортные районы, ед.	14
Количество систем транспорта, ед.	4
Общая протяженность городской транспортной системы, км	818,7

Главной задачей формирования нового варианта МС города Кабул является выбор трасс маршрутов таким образом, чтобы они составляли единую систему, которая наилучшим образом обеспечивает жителей города транспортным предложением. Сформированные трассы маршрутов создают возможность для разработки расписания движения на них и выбора рационального типа транспортных средств. Основой разработки новых вариантов МС всегда есть некоторая стратегия выбора трасс маршрутов, которая делает более понятным для проектировщика порядок назначения маршрутов. Необходимость предварительного выбора стратегии обусловлена огромным количеством вариантов МС, даже при незначительных масштабах объекта (количество альтернативных вариантов МС равно двум в степени количества возможных трасс городских маршрутов).

Наиболее практически реализованной и общепризнанной в мире стратегией формирования МС является стратегия основного или главного маршрута. Согласно данной стратегии основная часть пассажиров имеет возможность обслуживаться одним или несколькими маршрутами, где работают транспортные средства

большой и очень большой вместимости. При этом транспортные средства двигаются с высокой скоростью по специальным путям сообщения, на которых не существует помех для их движения. Другие маршруты выполняют роль вспомогательных и обеспечивают доставку пассажиров к основным маршрутам.

Первым принципом формирования трасс маршрутов стратегии основного маршрута, который также позволяет сократить затраты времени пассажиров на передвижения и повысить качество их обслуживания, является принцип прямолинейности маршрутов. Согласно которого трассы маршрутов должны как можно меньше превышать по своей длине длину кратчайшего пути между конечными пунктами маршрута.

Вторым принципом формирования рационального варианта МС города Кабул является разработка системы основных (диаметральных) маршрутов. Необходимость формирования именно системы основных маршрутов подтверждается значительными размерами города Кабул, а также отсутствием в системе ГПТ других систем транспорта, призванных удовлетворять мощный пассажиропоток (метрополитен, трамвай, троллейбус). Реализация предложенной стратегии предполагает наличие у каждой пары диаметральных маршрутов и сопряженных с ними дополнительных (подвозящих) маршрутов совместных остановочных пунктов, которые являются местом пересадки пассажиров с одного маршрута на другой. Совместные остановочные пункты обычно располагаются в центральной части города, что создает проблему ее перегруженности, поэтому, при необходимости, можно предусмотреть как минимум два места для пересадки между различными маршрутами, чтобы уменьшить нагрузку на транспортную сеть центра города.

Следующий принцип – это принцип равномерной загрузки радиусов диаметральных (основных) маршрутов, который выполняется не только за счет прокладки трасс маршрутов по территориям города с примерно одинаковой плотностью застройки, но и за счет разного количества маршрутов, обслуживающих отдельные окраины города. Конечное выравнивание провозных возможностей городских маршрутов выполняется путем определения рациональной вместимости и количества подвижного состава на маршрутах.

Последним принципом построения рационального варианта маршрутной сети города Кабул является максимальный охват территории города маршрутами. Основные цели и принципы реализации предложенной стратегии приведены в табл. 2.

В результате реализации выбранной стратегии перспективный вариант маршрутной сети города Кабул состоит из: 7 основных маршрутов, на которых предполагается использование автобусов особо большого класса (150 – 180 пасс.); 11 вспомогательных (радиальных, тангенциальных) маршрутов – автобусы большого класса (90 – 110

пасс.) и 17 маршрутов разных типов, которые обеспечивают транспортное обслуживание населения отдельных ВТР, используются преимущественно автобусы средней вместимости – 50 – 70 пасс. Транспортная модель МС ГПТ приведена на рис. 1.

Таблица 2 – Цели и принципы реализации стратегии основного маршрута

Цели	Принципы
Сокращение затрат времени на передвижение пассажиров на маршрутной сети	Прямолинейность маршрутов Общественный транспорт как сеть функциональных связей с возможностью добраться в любую точку города с минимальным количеством пересадок
Минимизация количества пересадок	Диаметральные (основные) маршруты через центральную часть города
Привлекательность общественного транспорта	Уровень обслуживания соответствует уровню спроса Большая и очень большая вместимость и комфортабельность транспортных средств

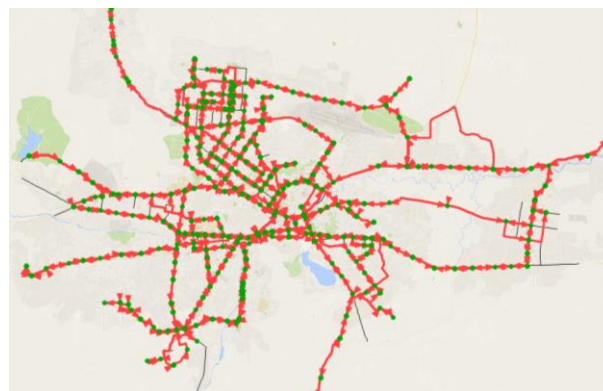


Рис. 1 – Предлагаемый вариант МС ГПТ для города Кабул

### Оценка результатов исследования

Полученная по предложенной методике МПК требует проверки точности ее формирования и одним из возможных способов для этого может быть подтверждение соответствия закона распределения дальности передвижения городского населения теоретическому гамма распределению. Основной исходной информацией при этом является разработанный в программном продукте VISUM рациональный вариант МС ГПТ для города Кабул и рассчитанная на его основе матрица дальности передвижения пассажиров. Результаты определения вида закона распределения представлены на рис. 2, а его параметры в табл. 2.

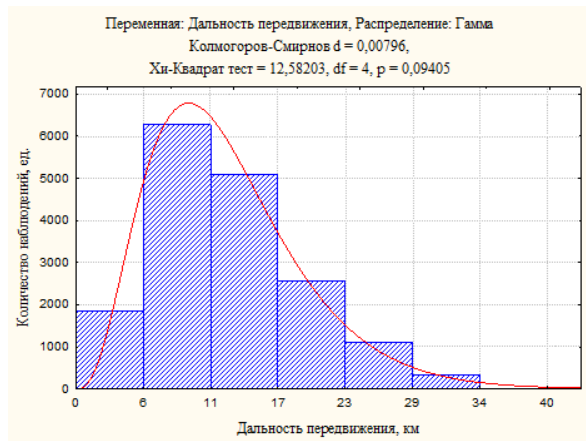


Рис. 2 – Закономерности распределения дальности передвижения пассажиров на основании сформированной МПК

Таблица 2 – Характеристика параметров распределения дальности передвижения пассажиров в городе Кабул

Параметр	Значение
Математическое ожидание, км	12,92
Среднеквадратическое отклонение, км	6,45
Параметр формы	3,9
Параметр масштаба	3,3
Критерий Колмогорова-Смирнова	0,00796
Вероятность критерия Колмогорова-Смирнова	не менее 0,20

Результаты проверки свидетельствуют о соответствии полученной МПК известным закономерностям, возможности её использования для разработки мероприятий по повышению эффективности функционирования системы ГПТ в городе Кабул и целесообразности формирования соответствующей методики моделирования потребностей в передвижениях населения для городов с незначительной ролью и низким уровнем организации работы общественного транспорта

Разработанный вариант МС города Кабул позволяет существенно повысить удельное содержание маршрутных перевозок пассажиров и обеспечить приемлемое время поездок в городе. Значения показателей для существующего варианта транспортного обслуживания населения города Кабул получены по результатам натурных наблюдений за работой ГПТ. Для разработанного варианта МС города Кабул эти показатели рассчитаны с использованием программного продукта VISUM (табл. 3).

Таблица 3 – Сравнительная характеристика показателей эффективности функционирования вариантов МС

Вариант обслуживания населения города Кабул	Средняя скорость сообщения, км/ч		Доля обслуживания пассажиров, %		Среднее время передвижения пассажиров, мин.		Средневзвешенное значение времени передвижения пассажиров в маршрутной системе города, мин.
	ИТ*	ОТ*	ИТ	ОТ	ИТ	ОТ	
Существующий	12,5	8,6	79,8	20,2	55,1	80,1	60,2
Предложенный	15,1	21,9	24,7	75,3	45,3	46,9	46,5

\* - ИТ – индивидуальный транспорт, ОТ – общественный транспорт.

Переход на предпочтительное обслуживание пассажиров маршрутным транспортом позволяет снизить средние затраты времени пассажиров на передвижения на 22,8%. Для предложенного варианта МС был рассчитан коэффициент пересадочности, значение которого составило 1,53 и существенно ниже нормативного показателя для городов с численностью населения более 1 млн. чел., равного 1,8.

## Выводы

Разработанная методика формирования модели спроса на передвижения населения, основанная на использовании заданной функции расселения населения и объективных данных о пассажиропотоках, позволила учесть внутрирайонные передвижения пассажиров и транзитные пассажиропотоки для каждого ВТР и получить надежную оценку спроса на пассажирские перевозки в городе, что подтверждается высоким уровнем соответствия полученной в результате моделирования функции расселения с гамма распределением. Вероятность критерия Колмогорова-Смирнова, при этом, составляет не менее 0,2.

Для формирования рационального варианта МС ГПТ города Кабул использована стратегия основного маршрута, реализованная с помощью разработанных принципов реализации выбранной стратегии, что позволило сформировать систему маршрутов ГПТ, которая охватывает всю городскую территорию и характеризуется достаточно высоким уровнем качества транспортного обслуживания, поскольку среднее время передвижения пассажиров составляет 46,9 мин., а коэффициент

пересадочности – 1,53. Предложенный вариант МС обеспечивает значительное повышение скорости сообщения общественного транспорта на 64,7%, увеличение его доли в обслуживании пассажиров на 45,4%, а также снижение среднего времени передвижения пассажиров по городу в целом на 22,8%.

### Литература

1. *Пассажирские автомобильные перевозки [Текст] : учеб. / В. А. Гудков, Л. Б. Миروتин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев ; под ред. В. А. Гудкова. - М. : Горячая линия - Телеком, 2006. – 448 с.*
2. *Спирин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст]: учеб. / И. В. Спирин. – М.: Изд-во "Академия", 2003. – 400 с.*
3. *Зенбуш, М. В. Пассажиропотоки в городах [Текст] / М. В. Зенбуш, А. Ю. Белинский, А. Г. Дынкин ; под общ. ред. проф. М. С. Фишельсона ; ГНИИАТ. – М.: Транспорт, 1974. – 136 с.*
4. *Варелопуло, Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте [Текст] / Г. А. Варелопуло. - М. : Транспорт, 1990. – 208 с.*
5. *Доля, В. К. Методы организации перевозок пассажиров в городах [Текст] : монография / В. К. Доля. – Х. : Изд-во "Основа" при Харьк. ун-те., 1992. – 144 с.*
6. *Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] : учеб, пособие / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. - М. : Высшая школа. - 1980. - 535 с.*
7. *Горбачов, П.Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах [Текст] : монографія / П.Ф. Горбачов. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 196 с.*
8. *Горбачов, П.Ф. Моделирование попутного населения малых мест маршрутным пассажирским транспортом [Текст] : монография / П.Ф. Горбачов, С.В. Любий. – Харків : ХНАДУ, 2014. – 134 с.*
9. *Росолов, О. В. Удосконалення інтервальної концепції визначення попутного пасажирського маршрутного транспорту в великих містах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / О. В. Росолов. - Х., 2012. - 20 с.*
10. *Горбачев, П.Ф. К вопросу об определении ёмкости высших транспортных районов по прибытию и отправлению пассажиров [Текст] / П.Ф. Горбачев, Е.В. Любий, Акбар Джан Полад // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: ЛНТУ, 2016. – Вип. №56. – С. 47-54.*
11. *Любий, С.В. Транспортне планування міст: сучасні інструменти транспортного моделювання автотранспортних систем [Текст] / С.В. Любий, Н.В. Пономарьова, О.С. Чернишова // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. Випуск 128. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – С. 76 – 82.*
12. *Горбачев, П.Ф. Формирование модели транспортной системы городского пассажирского транспорта г. Кабул [Текст] / П.Ф. Горбачев, Е.В. Любий, Акбар Джан Полад // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 16)" / Збірник тез доповідей. – Тернопіль. – 2016. – С. 74 - 78.*

### References

1. Gudkov, V.A., Mirotin, L.B., Velmozhin, A.V., Shiryayev, S.A. (2006). Passenger road transport. *Goryachaya liniya – Telecom*, 448.
2. Spirin, I. V. (2003). The organization and management of passenger road transport. *Akademiya*, 400.
3. Zengbush, M. V., Belinsky, A. Y., Dynkin, A. G. (1974). Passenger flows in cities. *Transport*, 136.
4. Varelopulo, G.A. (1990). Organization of traffic and transport in the urban passenger transport. *Transport*, 208.
5. Dolya, V.K. (1992). Methods of organizing transportation of passengers in cities. *Osnova*, 144.
6. Yefremov, I.S., Kobozev, V.M., Yudin, V.A. (1980). The theory of urban passenger transport. *Vyssshaya shkola*, 535.
7. Gorbachev, P.F. (2009). Modern scientific approaches to the organization of passenger transport in cities. *HNAHU*, 196.
8. Horbachov, P.F., Liubiy, Y.V. (2014). Modeling demand for transportation of the population of small towns passenger transport. *HNAHU*, 134.
9. Rossolov, O.V. (2012). Improving the concept of interval determining demand for passenger bus in big cities. *Kharkiv*, 20.
10. Gorbachev, P.F., Liubiy, Y.V. Akbar Jan Polad (2016). Definition of the capacity of main zones on the departure and arrival of passengers. *Interuniversity collection "Scientific Notes"*, 56, 47-54.
11. Liubiy, Y.V., Ponomareva, N.V., Chernysheva, H.S. (2016). Urban transportation planning: current instruments modeling of motor systems. *Utilities city: Scientific and technical collection*, 128, 76-82.
12. Gorbachev, P.F., Liubiy, Y.V. Akbar Jan Polad (2016). Formation of the transport system model of urban passenger transport in Kabul city. *International Scientific Internet Conference "Information Society: technological, economic and technical aspects of the formation (Issue 16)"*, 74-78.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.А. Давидич, Харківський національний університет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков.

**Автор:** ГОРБАЧЕВ Петр Федорович  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харьков, доктор технических наук, профессор.  
E-mail – gorbachev\_pf@mail.ru

**Автор:** ЛЮБИЙ Евгений Владимирович  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харьков, кандидат технических наук, доцент.  
E-mail – lion\_khadi@ukr.net

**Автор:** ПОЛАД Акбар Джан  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харьков, аспирант.  
E-mail – zmarpolad@mail.ru

**РОЗРОБКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ВАРІАНТУ ПАСАЖИРСЬКОЇ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА КАБУЛ**

П.Ф. Горбачов, С.В. Любий, Акбар Джан Полад

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

*В дослідженні наведено результати формування раціонального варіанту транспортного обслуговування пасажирів маршрутною системою міського пасажирського транспорту міста Кабул. Для розробки перспективного варіанту маршрутної мережі використано стратегію основного маршруту. Основною вихідною інформацією для формування перспективного варіанту маршрутної системи міського пасажирського транспорту є результати візуального обстеження пасажиропотоків та модель транспортної пропозиції, сформована з використанням програмного комплексу транспортного моделювання Visum.*

**Ключові слова:** маршрутна система, міський пасажирський транспорт, ефективність, середній час пересування, Visum.

**FORMATION OF A RATIONAL VARIANT OF THE PASSENGER ROUTE SYSTEMS OF THE KABUL CITY**

P. Gorbachev, Y. Liubiyi, Akbar Jan Polad

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

*The study presents the results of forming a rational alternative transport route passenger service system of urban transport of the city of Kabul. To develop a promising alternative route network strategy used main route. The main source of information to form a promising alternative route of urban passenger transport is the result of visual inspection of passenger transport model and proposals generated using software complex transport modeling Visum. For the development of transport service of the city of Kabul population management options strategy used by the main route. As a result of its implementation has established a system of 35 routes, which completely covers the territory of the city and is characterized by relatively high levels of quality.*

**Keywords:** routing system, urban passenger transport, efficiency, average travel time, Visum.