

Н. В. Якунина, Д. Х. Нестеренко, М. А. Арсланов

## **Факторный анализ направлений повышения активности использования городского пассажирского автомобильного транспорта**

Ухудшение качества транспортного обслуживания населения при одновременном увеличении количества автомобильного транспорта приводит к усугублению накопившихся проблем в сфере пассажирских перевозок. Увеличение доли использования городского пассажирского автомобильного транспорта позволит снизить уровень загрузки улично-дорожной сети, повысить эффективность ее пропускной способности. Представлены результаты исследования факторов повышения привлекательности услуг городского пассажирского автомобильного транспорта. Объект исследования – процесс перевозок пассажиров автомобильным транспортом. Предмет исследования – условия, при которых пассажиры сделают выбор в пользу городского пассажирского транспорта. Цель исследования состоит в увеличении степени использования услуг общественного автомобильного транспорта. Для достижения этих целей применены методы социологического опроса, метод построения матрицы попарных сравнений, а также правила теории распознавания образов. По результатам социологического опроса и статистической обработки полученных данных установлены 14 факторов привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта. В опросе приняли участие респонденты разных категорий населения. Определены коэффициенты влияния факторов повышения привлекательности услуг городского пассажирского автомобильного транспорта. Представлена математическая модель оценки уровня привлекательности услуг общественного автомобильного транспорта. Установлено, что наибольшее влияние на выбор способа передвижения оказывают стоимостной и временной факторы: когда стоимость проезда и продолжительность поездки на городском пассажирском транспорте существенно меньше стоимости проезда и времени поездки на легковом автомобиле. Повышение привлекательности услуг городского пассажирского автомобильного транспорта позволит увеличить степень его использования на 12,4 %. При этом сократится уровень загрузки улично-дорожной сети, увеличится пропускная способность.

**Ключевые слова:** факторы повышения привлекательности, социологический опрос, коэффициенты весомости.

### **Введение**

Развитие автомобилизации наряду с очевидной привлекательностью обуславливает появление новых проблем, вызванных увеличением нагрузки на окружающую среду. Одним из направлений минимизации негативных последствий является увеличение доли населения, пользующейся услугами пассажирского автомобильного транспорта. В статье рассматривается научное обоснование факторов повышения привлекательности городского пассажирского автомобильного транспорта (ГПТ).

Согласно проведенным исследованиям 57 % населения города Оренбурга осуществляют поездки по маршрутам регулярных перевозок [1]. В существующих экономических условиях, требующих от населения максимальной мобильности, данный показатель является крайне низким. Проблемы автотранспортного комплекса затрагивают экономическую, экологическую сферы и сферу безопасности. Наличие проблем, связанных с задержками транспортных средств в заторах, приводит к экономическим и временным потерям, опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий и повышению уровня экологически опасных выбросов в атмосферу. Возрастающее число личного автомобильного транспорта при одновременном ухудшении качества транспортного обслуживания населения ГПТ способствует усугублению накопившихся проблем. Вследствие этого пропускная способность автомобильных дорог снижается. Улично-дорожная сеть города не способна качественно и эффективно обслуживать растущий транспортный поток.

В мировом сообществе решение транспортных проблем реализуется по трем направлениям: ограничение движения индивидуального транспорта (Западная Европа), вытеснение общественного транспорта или "движение навстречу автомобилю" (США) и "побег от автомобиля", реализованный в Сингапуре [2]. В существующих экономических условиях оптимальным вариантом для решения транспортных проблем является сочетание первых двух вариантов, которые сопровождаются одновременным развитием улично-дорожной сети города, организацией парковок для индивидуального транспорта и совершенствованием транспортного обслуживания населения ГПТ.

Эффективным методом совершенствования транспортного обслуживания населения общественным автомобильным транспортом является поиск и разработка методологии, которая способствует повышению степени использования ГПТ. Поиск факторов, влияющих на выбор пассажирами способа передвижения – по индивидуальным маршрутам или маршрутам регулярных перевозок, позволит определить направления повышения привлекательности городского пассажирского автомобильного транспорта.

## Материалы и методы

Поиск факторов повышения привлекательности услуг ГПТ осуществлялся методом социологического опроса, состоящего из двух этапов.

Первый этап заключается в определении условий, при которых пассажиры готовы отказаться от поездок на легковом автомобиле по индивидуальным маршрутам и согласятся осуществлять поездки по маршрутам регулярных перевозок.

Второй этап опроса состоит в том, чтобы определить влияние каждого фактора на изменение доли перевозимых маршрутными транспортными средствами пассажиров. Респондентам предлагается ответить на вопрос: "Оцените представленные факторы повышения привлекательности городского пассажирского автомобильного транспорта по признаку приоритетности".

В целях проверки правильности выбранных факторов применена теория распознавания образов, а также произведена оценка факторов как случайных величин с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Метод построения матрицы попарных сравнений позволил установить значения коэффициентов влияния каждого фактора на обобщенный уровень привлекательности ГПТ [2].

Для определения значения повышения степени использования услуг городского пассажирского автомобильного транспорта необходимо установить соотношение пассажиров легковых автомобилей  $\Pi_{\text{ЛА}}$  и пассажиров городского пассажирского автомобильного транспорта  $\Pi_{\text{ГПТ}}$ .

Полученное значение  $\Pi_{\text{ЛА}}$  принимаем за 100 %, поскольку перераспределение пассажиров в общем транспортном потоке предполагает пересадку пассажиров легковых автомобилей на ГПТ. По результатам опроса устанавливается соотношение между количеством респондентов, отказавшихся осуществлять поездки на городском пассажирском автомобильном транспорте  $\Pi_{\text{ЛА}}$ , %, и количеством пассажиров, указавших условия, при которых они готовы реализовывать поездки по маршрутам регулярных перевозок  $\Pi_{\text{ГПТ}}$ , %. Определение значения повышения степени использования услуг городского пассажирского автомобильного транспорта производится по формуле

$$S = (\Pi_{\text{ЛА}} \times \Pi_{\text{ГПТ}}) / 100, \quad (1)$$

где  $S$  – значение повышения степени использования услуг ГПТ;  $\Pi_{\text{ЛА}}$  – количество пассажиров легковых автомобилей, %;  $\Pi_{\text{ГПТ}}$  – количество пассажиров легковых автомобилей, указавших условия, при которых они готовы осуществлять поездки по маршрутам регулярных перевозок, %.

Для определения процента повышения степени использования ГПТ по каждому фактору привлекательности необходимо воспользоваться формулой

$$S_i = \sum_{i=1} \Pi_{\text{ГПТ}} \times \frac{n_{k_i}}{N},$$

где  $S_i$  – процент повышения степени использования ГПТ;  $N$  – объем выборки (общее количество респондентов = 384 чел.);  $n_{k_i}$  – число респондентов, отметивших фактор  $k_i$ , чел. (таблица).

## Результаты и обсуждение

Результаты первого этапа опроса "Факторы повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта" представлены в таблице.

Таблица. Результаты первого этапа опроса "Факторы повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта"

Table. Results of the first stage of the survey "Criteria of attractiveness of passenger motor transport services"

№ п/п	Факторы повышения привлекательности услуг пассажирского транспорта	Кол-во респондентов, отметивших фактор в качестве приоритетного, $n_{k_i}$ чел.
1	Стоимость проезда на ГПТ существенно меньше стоимости проезда на легковом автомобиле, $K_1$	108
2	Номинальная вместимость транспортного средства, $K_2$	54
3	Наличие сидячих мест, $K_3$	98
4	Чистый, эстетически привлекательный ГПТ, $K_4$	91
5	Соблюдение графика движения, $K_5$	98
6	Минимальное время подхода (отхода) к (от) ОП, $K_6$	103

7	Минимальное время ожидания на ОП, $K_7$	93
8	Беспересадочная поездка, $K_8$	46
9	Безопасный стиль вождения, $K_9$	56
10	Чистые, освещенные остановочные пункты, защищающие от внешних природных факторов (ветер, дождь, солнце и т. д.), $K_{10}$	66
11	Наличие информационных табло, отражающих в режиме on-line движение маршрутных ТС, $K_{11}$	95
12	Наличие условий для комфортной поездки с малолетними детьми, $K_{12}$	54
13	Наличие кондукторов, $K_{13}$	49
14	Продолжительность поездки на ГПТ существенно меньше времени поездки на легковом автомобиле (равно или незначительно меньше), $K_{14}$	108

Какова доля каждого фактора повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта в общем количестве потенциально возможных пассажиров ГПТ показывает рис. 1.



Рис. 1. Доля каждого фактора в общей доле потенциальных пассажиров городского общественного транспорта

Fig. 1. The share of each factor in the total share of potential passengers of urban public transport

Для оценки уровня привлекательности городского пассажирского автомобильного транспорта ( $\Pi$ ) определена математическая формулировка обобщенного критерия привлекательности с учетом коэффициентов влияния:

$$\Pi = 0,21K_1 + 0,02K_2 + 0,09K_3 + 0,048K_4 + 0,07K_5 + 0,11K_6 + 0,06K_7 + 0,05K_8 + 0,07K_9 + 0,03K_{10} + 0,02K_{11} + 0,05K_{12} + 0,01K_{13} + 0,16K_{14}.$$

Диаграмма распределения степени влияния факторов привлекательности на генеральную цель  $\Pi$  – обобщенный критерий привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта – изображена на рис. 2.

В социологическом опросе приняли участие респонденты различных категорий населения [1]. Анкетирование предполагало получение ответа на вопрос: "При каких условиях Вы откажетесь от поездки на личном автомобиле и согласитесь осуществлять поездки по маршрутам регулярных перевозок?"

Из общего числа респондентов 71,9 % указали, что ни при каких обстоятельствах не переседают на ГПТ; 28,1 % определили условия, при выполнении которых они согласятся реализовать поездки по маршрутам регулярных перевозок.

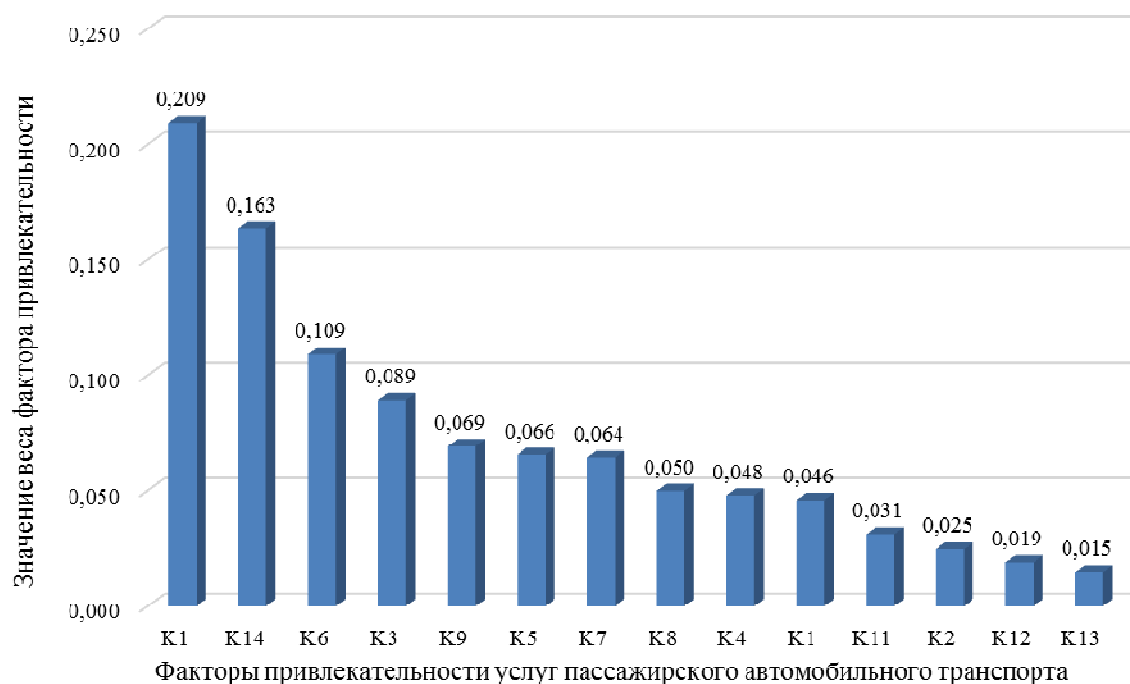


Рис. 2. Диаграмма влияния факторов привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта

Fig. 2. The diagram of factors influencing on appeal of passenger motor transport services

Пользуясь формулой (1), определили значение повышения степени использования городского пассажирского автомобильного транспорта

$$S = (28 \times 43) / 100 = 12,04 \%$$

Таким образом, при выполнении условий по установленным факторам повышения привлекательности степень использования ГПТ может возрасти с 57 до 69,1 %.

По результатам оценки характеристик факторов повышения привлекательности как случайных величин [3, с. 72], имеющих значения отданных голосов  $x_i$  респондентов при опросе, подтверждена правильность выбора факторов.

Следует обратить внимание на то, что все респонденты отметили стоимостной фактор. Необходимо введение стимулирующих финансовых механизмов, таких как единый транспортный билет, не учитывающий количество пересадок, транспортная карта на длительный период, акции и скидки для студентов и пенсионеров и т. д. Однако в условиях, когда транспорт не отвечает требованиям безопасности и надежности, низкая стоимость проезда не должна выступать приоритетным фактором.

Вторым фактором по количеству отмеченных респондентами является "Продолжительность поездки на городском пассажирском транспорте существенно меньше времени поездки на легковом автомобиле (равно или незначительно меньше)". Данный фактор относится к временной характеристике и отмечен 100 % респондентов. Время поездки является основополагающей характеристикой уровня транспортного обслуживания населения. Выполнение требований по данному фактору позволит увеличить долю использования пассажирами услуг городского общественного автомобильного транспорта на 12,1 % и составит 69,1 % (рис. 3).

К факторам времени можно отнести "Минимальное время подхода (отхода) к (от) остановочному пункту" и "Минимальное время ожидания на остановочном пункте". При выполнении требований по данным факторам процент использования пассажирами ГПТ увеличится с 57 до 68,5 % и 67,4 % соответственно. Фактор "Минимальное время подхода (отхода) к (от) остановочному пункту" отмечен 95,5 % респондентов; фактор "Минимальное время ожидания на остановочном пункте" – 86 %. Проведение мероприятий по факторам привлекательности услуг городского пассажирского автомобильного транспорта предполагает

совершенствование маршрутной улично-дорожной сети и сети остановочных пунктов, а также мониторинг и прогноз пассажиропотока для определения достаточного количества пассажирских транспортных средств, выпускаемых на линию, и удовлетворения потребностей в передвижениях всех категорий населения.

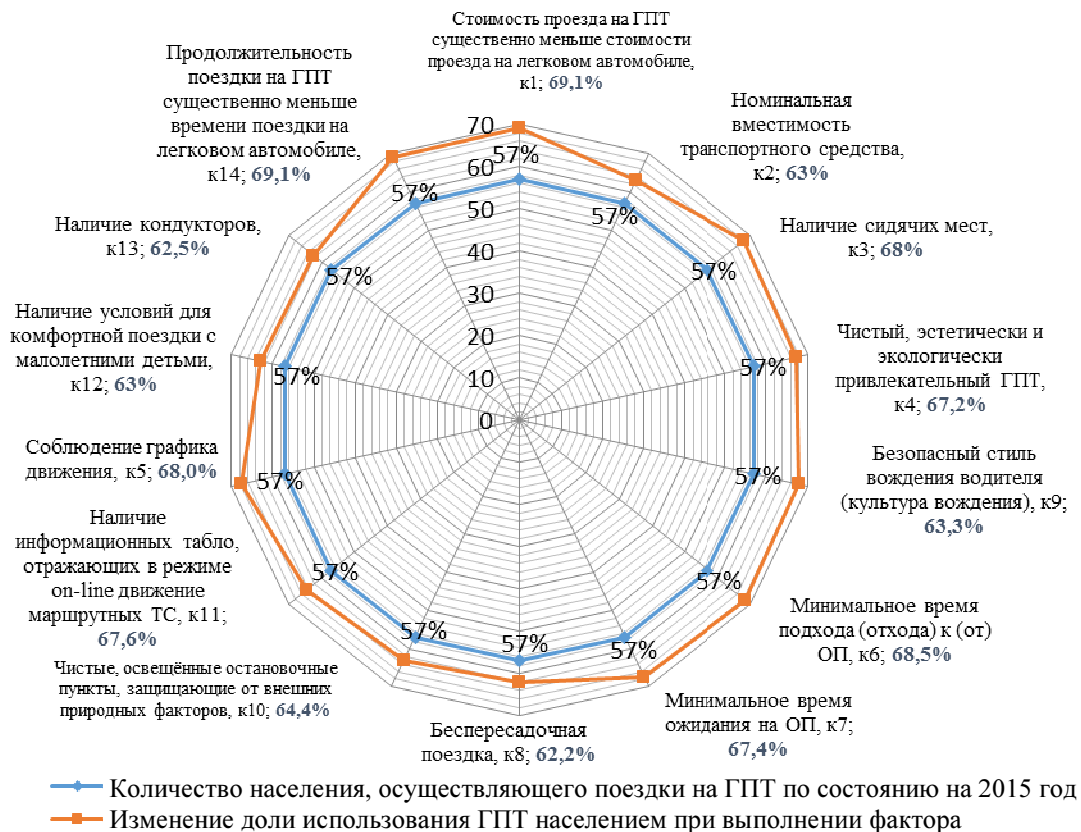


Рис. 3. Изменение доли перевозимых пассажиров городским общественным автомобильным транспортом

Fig. 3. Change in the share of passengers using urban motor transport

Факторы "Соблюдение графика движения" и "Беспересадочная поездка" также можно отнести к временным характеристикам транспортного обслуживания населения. При выполнении требований по фактору "Соблюдение графика движения" процент использования маршрутных транспортных средств возрастет с 57 до 68 %. При выполнении критерия "Беспересадочная поездка", характеризующего комфортность, процент использования маршрутных транспортных средств возрастет до 62,2 %. Реализация мероприятий предполагает совершенствование маршрутной улично-дорожной сети, решение проблем кадрового обеспечения деятельности предприятий по пассажирским перевозкам, внедрение системы единого проездного билета, не учитывающего количество пересадок или дальность поездок.

При выполнении требований по факторам "Наличие сидячих мест" и "Чистый, эстетически и экологически привлекательный транспорт" процент использования ГПТ увеличится до 68 и 67,2 % соответственно. Фактор "Наличие условий для комфортной поездки с малолетними детьми" повысит процент использования ГПТ до 63 %. Обеспечить население чистым, эстетически привлекательным транспортом с достаточным количеством сидячих мест возможно при замене, обновлении морально и физически устаревшего подвижного состава на транспортные средства большой вместимости.

Фактор "Номинальная вместимость" предусматривает использование пассажирских транспортных средств вместимостью, достаточной для удовлетворения спроса на перевозки в данный момент времени. Выполнение требований по данному фактору повысит процент использования ГПТ до 63 %.

"Безопасный стиль вождения" и "Наличие кондукторов" предусматривает удобство оплаты проезда. Закон разрешает осуществлять плату за проезд как водителю пассажирского транспортного средства, так и кондуктору. Однако водители пассажирских транспортных средств в целях соблюдения интервала движения вынуждены зачастую реализовать оплату проезда во время движения транспортного средства, что является нарушением правил поведения пассажирами в маршрутном транспортном средстве и в свою очередь повышает уровень опасности получения травм для пассажира из-за "не плавной" динамики торможения, а также риск возникновения дорожно-транспортного происшествия. Существующая проблема кадрового обеспечения должна решиться с разделением обязанностей между водителем и кондуктором.

Выполнение требований по данным факторам увеличит процент использования городского пассажирского автомобильного транспорта до 63,3 и 62,5 % соответственно.

Реализация фактора "Наличие информационных табло, отражающих в режиме on-line движение маршрутных ТС" возможна при установке информационных табло непосредственно на остановочных пунктах, а также при организации информационного обмена между перевозчиками и пассажирами посредством системы ГЛОНАСС, передающей информацию о движении маршрутных транспортных средств в режиме on-line на мобильные приложения смартфонов пассажиров. Выполнение требований по данному фактору позволит повысить степень использования городского пассажирского автомобильного транспорта на 10,6 %.

Выполнение требований по фактору "Чистые, освещенные остановочные пункты, защищающие от внешних природных факторов (ветер, солнце, дождь и т. д.)" повысит степень использования пассажирами городского пассажирского автомобильного транспорта на 7,4 %. Реализация потребует организации уборочных мероприятий на территории остановочного пункта, замены изношенных и небезопасных остановочных пунктов на надежные и эстетически привлекательные.

Наименьшее влияние на выбор способа передвижения оказывают факторы: "Беспересадочная поездка" – 0,51 %; "Наличие кондукторов" – 0,54; "Номинальная вместимость транспортного средства" и "Наличие условий для комфортной поездки с малолетними детьми" – 0,60; "Безопасный стиль вождения" – 0,62; "Чистые, освещенные остановочные пункты, защищающие от внешних природных факторов (ветер, дождь, солнце и т. д.)" – 0,73 %.

Следующую группу факторов повышения привлекательности городского пассажирского автомобильного транспорта составляют факторы "Чистый, эстетически привлекательный ГПТ" – доля данного фактора в общем числе составляет 1,01 %; "Минимальное время ожидания на ОП" – 1,03; "Наличие информационных табло, отражающих в режиме on-line движение маршрутных ТС" – 1,05; "Соблюдение графика движения" и "Наличие сидячих мест" – 1,09 %.

Наибольшую долю в общем проценте потенциально возможного числа пассажиров, согласных пересесть из легкового личного автомобиля в городской пассажирский автомобильный транспорт, составляют факторы "Минимальное время подхода (отхода) к (от) ОП" – 1,14 %; "Продолжительность поездки на ГПТ существенно меньше времени поездки на легковом автомобиле (равно или незначительно меньше)" и "Стоимость проезда на ГПТ существенно меньше стоимости проезда на легковом автомобиле" – 1,2 %.

## Заключение

По результатам анкетирования определено 14 факторов повышения привлекательности услуг городского пассажирского автомобильного транспорта. Из числа всех опрошенных 71,9 % ответили, что не переседадут на ГПТ ни при каких обстоятельствах, и 28,1 % указали, при каких условиях они согласны передвигаться на ГПТ. За счет привлечения механизма поиска и выполнения условий по факторам повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта доля перевозимых автобусами пассажиров может увеличиться с 57 % на 12,1 % и составить 69,1 %.

Наибольшее влияние на выбор способа передвижения оказывают факторы, характеризующие временные свойства – "Продолжительность поездки на ГПТ существенно меньше времени поездки на легковом автомобиле", "Минимальное время ожидания на остановочном пункте", "Минимальное время подхода (отхода) к (от) остановочного пункта", "Соблюдение графика движения" – и стоимостные – "Стоимость проезда на ГПТ существенно меньше стоимости проезда на легковом автомобиле". Наименьшее влияние на выбор способа передвижения оказывают факторы, связанные с удобством оплаты проезда и проезда с малолетними детьми.

Дальнейшие исследования направлены на установление зависимости влияния результатов повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта на изменение состава транспортного потока.

Результаты работы могут быть использованы органами управления пассажирскими перевозками при разработке мероприятий по повышению пропускной способности улично-дорожной сети города и по повышению качества транспортного обслуживания населения [4; 5].

## Библиографический список

1. Якунина Н. В., Якунин Н. Н., Нестеренко Д. Х. Исследование направлений повышения привлекательности услуг пассажирского автомобильного транспорта // Тринадцатая междунар. науч.-практ. конф. "Прогрессивные технологии транспортных системах" : сб. ст., Оренбург, 15–17 ноября 2017 г. Оренбург : ОГУ, 2017. С. 311–314.

2. Солодкий А. И. Современные подходы к решению транспортных проблем в крупных городах на постсоветском пространстве : [презентация доклада] // Междунар. практ. конф. "Эффективное управление транспортными системами". 24 августа 2017 г., Астана, 2017. URL: [https://docs.wixstatic.com/ugd/15671a\\_df4ad7f529734b9bb1fb4b325671a62b.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/15671a_df4ad7f529734b9bb1fb4b325671a62b.pdf).

3. Рихтер К.-Ю., Фишер П., Шнейдер Г. Статистические методы в транспортных исследованиях / пер. с нем. О. А. Григорьева. М. : Транспорт, 1982. 304 с.

4. Якунина Н. В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам : монография. Оренбург : ООО ИПК "Университет", 2015. 262 с.

5. Якимов М. Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01. М., 2011. 46 с.

#### References

1. Yakunina N. V., Yakunin N. N., Nesterenko D. H. Issledovanie napravleniy povysheniya privlekatelnosti uslug passazhirsogo avtomobilnogo transporta [Directions of increasing appeal of passenger motor transport services] // Trinadtsataya mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Progressivnyie tehnologii transportnyih sistemah" : sb. st., Orenburg, 15–17 noyabrya 2017 g. Orenburg : OGU, 2017. P. 311–314.

2. Solodkiy A. I. Sovremennyye podhody k resheniyu transportnyih problem v krupnyih gorodah na postsovetском prostranstve [Modern approaches to solving transport problems in large cities in the post-Soviet space] : [prezentatsiya doklada] // Mezhdunar. prakt. konf. "Effektivnoe upravlenie transportnyimi sistemami". 24 avgusta 2017 g., Astana, 2017. URL: [https://docs.wixstatic.com/ugd/15671a\\_df4ad7f529734b9bb1fb4b325671a62b.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/15671a_df4ad7f529734b9bb1fb4b325671a62b.pdf).

3. Rihter K.-Yu., Fisher P., Shneyder G. Statisticheskie metody v transportnyih issledovaniyah [Statistical methods in transport research] / per. s nem. O. A. Grigoreva. M. : Transport, 1982. 304 p.

4. Yakunina N. V. Metodologiya povysheniya kachestva perevozk passazhirov avtomobilnyim transportom po regulyarnym marshrutam [Methodology of improving the quality of passenger transportation by road on regular routes] : monografiya. Orenburg : ООО ИПК "Университет", 2015. 262 p.

5. Yakimov M. R. Nauchnaya metodologiya formirovaniya effektivnoy transportnoy sistemy krupnogo goroda [The scientific methodology of forming an efficient transport system in a large city] : avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk : 05.22.01. M., 2011. 46 p.

#### Сведения об авторах

**Якунина Наталья Владимировна** – пр. Победы, 13, г. Оренбург, Россия, 460018; Оренбургский государственный университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: nat.yakunina56@yandex.ru

**Yakunina N. V.** – 13, Av. Pobedy, Orenburg, Russia, 460018; Orenburg State University, Dr of Tech. Sci., Professor; e-mail: nat.yakunina56@yandex.ru

**Нестеренко Дина Халиловна** – пр. Победы, 13, г. Оренбург, Россия, 460018; Оренбургский государственный университет, вед. инженер; e-mail: nyrgalieva\_dina7129@mail.ru

**Nesterenko D. Kh.** – 13, Av. Pobedy, Orenburg, Russia, 460018; Orenburg State University, Leading Engineer; e-mail: nyrgalieva\_dina7129@mail.ru

**Арсланов Мурат Арсланович** – ул. Магомеда Гаджиева, 180, г. Махачкала, Россия, 367032; Дагестанский государственный аграрный университет, канд. техн. наук, д-р с.-х. наук, доцент, профессор; e-mail: arsmurat@yandex.ru

**Arslanov M. A.** – 180, Magomeda Gadzhieva Str., Makhachkala, Russia, 367032; Dagestan State Agrarian University, Cand. of Tech. Sci., Dr of Agricultural Sci., Associate Professor, Professor; e-mail: arsmurat@yandex.ru

N. V. Yakunina, D. Kh. Nesterenko, M. A. Arslanov

### **Factor analysis of ways to activate using the urban passenger motor transport**

The deterioration in the quality of transport services to the population with simultaneous increasing the number of motor vehicles leads to aggravation of the accumulated problems in the sphere of passenger transport. The increase in the share of urban passenger road transport will reduce the load on the road network, improve the efficiency of its capacity. The results of studying the factors of attractiveness of urban passenger transport services have been presented. The object of the study is the process of transporting passengers by road. The subject of the study is the conditions under which passengers will make a choice in favour of urban passenger transport. The purpose of the study is to increase the degree of using passenger motor transport services. To achieve the research objectives, methods of sociological interrogation, a method for constructing a matrix of pairwise comparisons, and rules for the theory of pattern recognition have been applied. According to the results of a sociological survey and statistical processing, 14 factors of attractiveness of passenger motor transport services have been identified. Respondents from different categories of the population took part in the survey. The factors of influence of factors increasing the attractiveness of urban passenger transport services have been determined. The mathematical model of estimating the level of appeal of passenger motor transport has been presented. It has been established that the cost and time factors have the greatest influence on the choice of transportation: when the fare and the duration of travel on urban passenger transport is significantly less than the cost and travel time by car. Increasing the attractiveness of urban passenger transport services will increase its use by 12.4 %. At the same time, the level of loading the road network will decrease, and the efficiency of its capacity will increase.

**Key words:** factors of attractiveness increasing, sociological survey, weight coefficients.