

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЕЖЕДНЕВНЫХ ГОРОДСКИХ ПОЕЗДОК, ОСНОВАННАЯ НА ДВУХ КОМПОНЕНТАХ

DOI: 10.36724/2072-8735-2021-15-10-44-48

Птицын Данила Алексеевич,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия, d.pticyan@madi.ru

Manuscript received 18 June 2021;
Accepted 27 July 2021

Птицын Данила Алексеевич Ершов Владимир Сергеевич
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия, vsershov21@gmail.com

Подгорный Артем Велимирович,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия, podgornyrobot@gmail.com

Махмудов Запир Магомедович,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия, zapir-mahmudov@mail.ru

Акулов Алексей Андреевич,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия, Ter34t@mail.ru

Keywords: Автомобильный транспорт, трафик, общественный транспорт, критическое расстояние, транспортная загруженность

Поскольку большинство людей в настоящее время живут в городских районах, а две трети населения мира будут жить в городах к 2050 году, понимание моделей городской мобильности стало первостепенным в сокращении выбросов парниковых газов, связанных с транспортом, и имеет решающее значение для эффективной экологической политики. В этой статье рассматривается данная проблема и предлагается теоретическая модель ежедневных городских поездок на работу, основанная на двух важнейших компонентах: сосуществовании автомобилей и общественного транспорта (ОТ) и транспортных заторах. Объединение этих компонентов в рамках подхода типа неупорядоченной системы позволяет сделать важные выводы относительно ОТ и связанные с транспортом выбросы парниковых газов. В ходе исследования проводится сравнение прогнозов с эмпирическими данными, полученными для крупных городов мира.

Для цитирования:

Птицын Д.А., Птицын Д.А., Ершов В.С., Подгорный А.В., Махмудов З.М., Акулов А.А. Теоретическая модель ежедневных городских поездок, основанная на двух компонентах // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №10. С. 44-48.

For citation:

Ptitsyn D.A., Ershov V.S., Podgorny A.V., Makhmudov Z.M., Akulov A.A. (2021) A theoretical model of daily urban travel based on two components. T-Comm, vol. 15, no.10, pp. 44-48. (in Russian)

Введение

Согласно классической модели городской экономики, люди выбирают работу и жилье, которые максимизируют их чистый доход после вычета арендной платы и затрат на проезд.

$$Z(x, y) = W(y) - C_R(X) - G(x, y), \tag{1}$$

где величина $W(y)$ – это типичная заработная плата, полученная в точке y , $C_R(X)$ – это стоимость проживания в точке x , а $G(x,y)$ – обобщенная стоимость транспортировки от x до y .

Чтобы понять расходы на проезд, мы предполагаем, что часть p населения имеет доступ (то есть, чтобы пройти менее 1 км) к общественному транспорту, например к метро (мы пренебрегаем автобусами или трамваями), тогда как доля $1 - p$ населения не имеет выбора, кроме как добираться до работы на машине (мы предполагаем, что все люди могут водить машину, если это необходимо). Другими словами, p – это вероятность иметь доступ ОТ, но это не означает, что это выбранный режим: если человек имеет доступ к метро, ему необходимо сравнить затраты G_{AT} и G_{OT} , чтобы выбрать менее дорогостоящий вид транспорта.

Существование единого центрального делового района, расположение домов и плотность метро считаются экзогенными переменными [1]. Важной эндогенной переменной здесь является доля пользователей автомобилей и время, проведенное в пробках (что позволяет в случае необходимости затем оценить выбросы CO₂). Все допущения, используемые в этой модели, конечно, являются приближениями к реальности, но мы утверждаем, что наша модель отражает суть явления движения в больших городских районах [2].

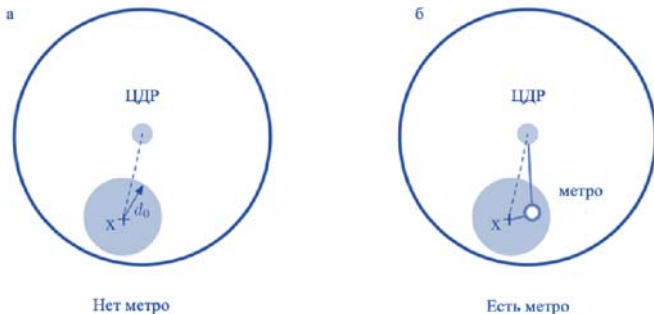


Рис. 1. Эскиз модели: а) Для данного человека, расположенного в случайном месте x , нет станции метро, расположенной на расстоянии меньше d_0 с вероятностью $1 - p$ (в используемых здесь данных $d_0 = 1$ км). В этом случае поездка на работу в центральный деловой район (ЦДР) осуществляется на автомобиле (пунктирная линия); б) с вероятностью p есть станция метро в окрестности x и человек должен сравнить стоимость G_{AT} (пунктирная линия) и стоимость G_{OT} (поездка изображена как $x \Rightarrow$ метро \Rightarrow ЦДР), для выбора менее дорогостоящего вида транспорта, чтобы добраться до центрального делового района.

Обобщенная стоимость

Чтобы полностью определить модель, мы должны указать выражения для обобщенных затрат. Мы опустим все другие формы поездок на работу (ходьба, езда на велосипеде и т.д.) и пренебрегаем пространственными корреляциями между плотностью общественного транспорта и местом жительства или населением, что является важным предположе-

нием, которое, безусловно, нуждается в уточнении в будущих исследованиях. Доля p лиц, у которых есть выбор между автомобилем и ОТ, выберет вид транспорта с наименьшими обобщенными затратами, который учитывает как денежные затраты, так и продолжительность поездки ([2, 3]).

Для автомобилей учитываются заторы, то есть увеличение трафика на дороге, который снижает эффективную скорость на ней [12-15]. Для РИ мы пренебрегаем его денежной стоимостью, которая невелика по сравнению с автомобильной. Затем мы получаем соответствующие обобщенные затраты на автомобили и ОТ в виде:

$$G_{AT}(x) = C_{AT} + \frac{r}{V_{AT}} V \left(1 + \left(\frac{T}{c}\right)^\mu\right), \tag{2}$$

$$G_{OT}(x) = V \left(f + \frac{r}{V_{OT}}\right), \tag{3}$$

где C_c – суточная стоимость пользование автомобилем, V_{AT} и V_{OT} – соответственно скорости автомобиля и ОТ, c – пропускная способность города, f – ходьба плюс время ожидания для проезда, r – расстояние между домом и ЦДР, T – общий автомобильный трафик и μ – показатель, характеризующий чувствительность к дорожному движению. Величина V – это стоимость времени, определяемая в транспортной экономике как денежная сумма, которую человек готов заплатить, чтобы сэкономить один час времени.

Мы предполагаем, что вождение автомобиля быстрее, чем передвижение на общественном транспорте ($V_{AT} > V_{OT}$), но оно дороже. После того, как человек выбрал режим, он придерживается его и не будет пересматривать свой выбор, даже если трафик будет развиваться. Другими словами, здесь мы предполагаем, что индивидуальные привычки имеют более длительный временной масштаб, чем динамика трафика [3].

Полученные результаты. Критическое расстояние

Затем индивидуальная мобильность определяется путем сравнения этих затрат G_{AT} и G_{OT} и будет зависеть от внешних параметров, таких как скорость движения автомобиля и метро, стоимость автомобиля и т.д. В общей теории выбора режима, при заданных значениях из затрат G_{OT} и G_{OT} существует вероятность $P_C = F(G_{AT} - G_{OT})$ выбрать автомобиль. Функция F , вообще говоря, гладкая и удовлетворяет $F(-\infty) = 1$ и $F(+\infty) = 0$, и здесь мы рассматриваем простейший случай, когда $F(x > 0) = 0$ и $F(x < 0) = 1$.

Человек, находящийся в x и имеющий доступ к ОТ, затем выберет автомобиль, если $G_{AT} < G_{OT}$, что подразумевает условие на значение времени вида $V < V_{OT}(r)$, где $V_{OT}(r)$ зависит от параметров системы и от расстояния до центра r и имеет вид:

$$V_{OT}(r) = \frac{C_c}{f + r \left(\frac{1}{V_{OT}} - \frac{1}{V_c} \left(1 + \left(\frac{T}{c}\right)^\mu\right) \right)}, \tag{4}$$

Кроме того, запись равенства $G_{AT} = G_{OT}$ между обобщенными затратами на автомобиль и ОТ приводит к критическому расстоянию, определяемому как:

$$d(V, T) = \min \left[L, \frac{\frac{C_c}{V} - f}{\frac{1}{V_{OT}} - \frac{1}{V_c} \left(1 + \left(\frac{T}{c}\right)^\mu\right)} \right], \tag{5}$$

где $L \sim \sqrt{A}$ (A – размер города) – это наибольшая протяженность города.

Критическое расстояние увеличивается по мере увеличения трафика (рис. 2), что означает, что движение менее выгодно при большом трафике. Данное выражение также показывает, что люди с небольшой ценностью времени с большей вероятностью будут пользоваться общественным транспортом, поскольку они более склонны тратить время, чем деньги. Расстояние до центра имеет решающее значение в этом процессе принятия решения:

- слишком далеко от центра;
- дальше критического расстояния $d(V, T)$;
- люди предпочитают водить машину, чтобы избежать длительных поездок.

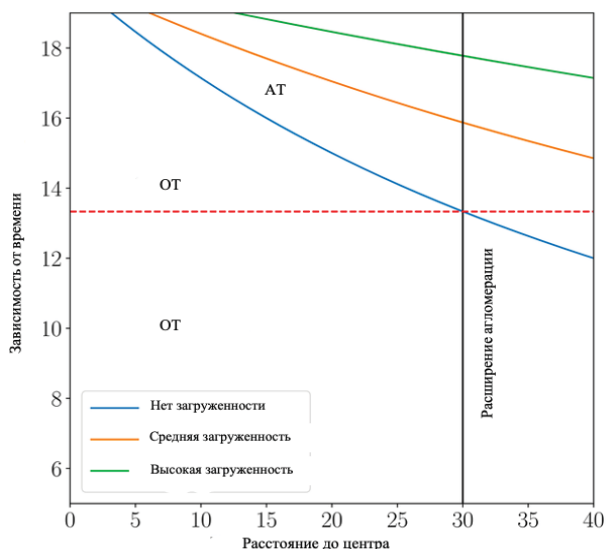


Рис. 2. Наиболее выгодный вид транспорта зависит от ценности времени людей и расстояния до центра города

Граница между двумя зонами увеличивается с заторами: чем больше движение (изгибы от синего к зеленому), тем больше зона, в которой быстрый транспорт выгоден по сравнению с вождением автомобиля. Сплошная серая вертикальная линия соответствует размеру городской территории и указывает критическое значение времени (пунктирная красная линия), ниже которого быстрое движение является выгодным для всей агломерации независимо от величины загруженности.

Запись $d(V, T = T^*) = L$ дает критический максимальный трафик T^* , для которого вождение менее выгодно во всей агломерации:

$$T^* = c \left[V_c \left(\frac{1}{V_{от}} - \frac{1}{V_c} - \frac{C_c - f}{L} \right) \right]^{1/u} \tag{6}$$

Прогнозирование доли автомобиля

Когда население увеличивается, автомобильный трафик имеет два основных источника: во-первых, люди могут не иметь доступа к метро, а во-вторых, если они имеют к нему доступ, они могут быть слишком далеко и предпочтут воспользоваться автомобилем. Это можно резюмировать сле-

дующим дифференциальным уравнением для изменения автомобильного движения T при изменении P :

$$\frac{dT}{dP} = 1 - p + p[1 - \eta(d(V, T))], \tag{7}$$

где первый член соответствует доле $1-p$ лиц, далеких от станций ОТ, а второй член – доле $1-\eta$ лиц, которые имеют доступ к ОТ и живут дальше от центра, чем $d(V, T)$.

Это уравнение справедливо для $T < T^*$, а для $T > T^*$ мы имеем $\eta = 1$. Рассматривая статистически изотропные города с плотностью населения $\rho(r)$ (r – расстояние до ЦДР), получаем:

$$\eta(d(V, T)) = \frac{\int_0^{d(V, T)} dr \rho(r)^o}{\int_0^L dr \rho(r)^o} \tag{8}$$

Мы должны подставить это выражение вместе с уравнением 5 для $d(V, T)$ и решить дифференциальное уравнение (7), которое в общем случае слишком сложно. В исходной модели плотность является эндогенной, но из-за наших упрощений теперь является экзогенной величиной. В общем, плотность убывает с ростом r , и простой выбор: $\rho(r) = \rho_0 \exp(-r/r_0)$, и, тогда мы получаем при доминирующем порядке в T/C :

$$\frac{dT}{dP} \approx 1 - p \frac{r}{a} \left(1 + \frac{a}{r_0} \right) + O\left(\frac{T}{C}\right)^u \tag{9}$$

где $a = (C_c / V - f) / (1/V_{от} - 1/V_c)$. Здесь отметим, что в случае равномерной плотности $\rho(r) = \rho_0$ получаем:

$$\eta = \pi d(V, T)^2 / A \text{ и } T \cong \left(1 - \frac{p}{Ab^2} \right) P + O\left(\frac{T}{C}\right)^u$$

где b – функция экзогенных параметров $b = \frac{1}{\sqrt{\pi} \left(\frac{1}{V_{от}} - \frac{1}{V_c} \right) (C_c - f)}$

Данный результат (9) справедлив для $P < P^* = T^* / \left(1 - p e^{-\frac{a}{r_0} \left(1 + \frac{a}{r_0} \right)} \right)$ поскольку при $d(V, T) > L$ един-

ственный источник автомобильного движения исходит от лиц, не имеющих доступа к общественному транспорту, что приводит к $dT/dP = 1 - p$, что означает:

$$T^* = (1 - p)(P - P^*) + T^* \tag{10}$$

Отметим, что даже если этот результат кажется несколько простым, он вытекает из нетривиальных соображений, таких как сравнение критического расстояния и размера области. Здесь важно помнить, что соображения стоимости в случае, когда доступен выбор режима, обычно приводят к тому, что в больших городских районах люди оставляют машину и садятся на метро [4].

Наконец, мы также можем оценить среднее время поездки, и мы получим для времени поездки за одну поездку τ_c , усредненного по населению, следующее выражение:

$$\bar{\tau}_c = p \left(f + \frac{g\sqrt{A}}{v_m} \right) + (1 - p) \frac{g\sqrt{A}}{v_c} (1 + \tau) \tag{11}$$

где g – географический фактор, кодирующий пространственную сложность поездок.

Сравнение с данными показывает относительно большие колебания, но наш анализ, кажется, улавливает основную тенденцию, и однопараметрическая аппроксимация по g с

использованием нашего выражения приводит к среднему значению $g \approx 0,203$. Для равномерного распределения квартир простой расчет приводит к $g = 2/3\sqrt{\pi} \approx 0,376$ и в простом изотропном случае, когда плотность убывает с расстоянием r до центра как $\rho(r) = \rho_0(1 - r/L)$, получаем $g = 1/3\sqrt{\pi} \approx 0,188$.

Среднее значение g , полученное с помощью аппроксимации, находится между этими двумя теоретическими оценками. Однако полицентризм и в более общем плане пространственная организация города и его инфраструктура, безусловно, играют здесь важную роль, и наша модель может дать только первое приближение к среднему времени в пути.

Материал и методы. Источники данных.

Мы изучили 25 мегаполисов из Европы, Америки, Азии и Австралии. Количество городов было ограничено доступностью данных ОТ и надежными оценками доли транспорта. Все данные находятся в свободном доступе с указанием источников [5]:

- Определение мегаполиса варьируется от страны к стране, но мы стремились собрать статистически согласованный набор агломераций. Население и территории были сопоставлены с данными Википедии о столичных статистических областях в соответствии с национальными определениями [6].
- Различные показатели были собраны из разных источников: величина r взята из отчетов о доступности общественного транспорта [7]. Распространенным показателем является доля людей, проживающих в пределах 1 км от станции метро (это расчетное максимальное расстояние пешком). Однако мы отмечаем, что это необычный показатель мобильности, который не всегда легко найти, и здесь он был основным узким местом для получения большего количества городов. Модальные доли были получены из [8].
- Стоимость времени оценивалась как половина почасовой оплаты труда после уплаты налогов для каждого города [9].
- Задержки из-за перегрузки были взяты из индекса TomTom, за исключением Сеула и Токио, по которым у нас не было данных (мы предположили, что средняя задержка составляет 50%).
- Пропускная способность дороги была рассчитана на основе задержки в заторах τ по формуле $c \sim P/\tau^{1/\mu}$ со значением $\mu = 2$, которое мы использовали для всех городов [10].
- Для скоростей v_m и v_c и затрат C_c и f мы выбираем одинаковые значения для всех городов. Для v_m данные википедии отображают значения в диапазоне 25–35 км/ч в зависимости от города, и мы взяли $v_m \approx 30$ км/ч. Скорость свободного потока автомобиля v_c также немного зависит от города и варьируется от 30 км/ч (без эффекта заторов) в европейских городах, таких как Париж, до 56 км/ч в некоторых американских городах. Мы решили взять среднее значение $v_c \approx 40$ км/ч [11].
- Для C_c мы использовали симулятор затрат, который дает в среднем значение $C_c \approx 15$ долл. за поездку.
- Для f мы посчитали в среднем 10 минут, чтобы добраться до станции, 10 минут, чтобы добраться до офиса и 10 минут на транзит, в общей сложности около $f \approx 30$ минут. Это значение, безусловно, можно улучшить, но его трудно получить, и мы ожидаем, что оно не будет слишком сильно изменяться (по крайней мере, не более чем на один порядок).

Заключение

В результате проведенного анализа была представлена экономичная общая модель автомобильного движения и последствий её работы в крупных городах, а также была выполнена её проверка на основании эмпирических данных для 25 крупных городов мира. Этот подход показывает, как сочетание статистической физики, экономических составляющих и эмпирической проверки может привести к надежному пониманию таких сложных систем, как города.

В частности, этот подход контрастирует с общепринятым представлением о том, что плотность города является ключевым фактором, и нашей целью здесь было уловить суть явления городской мобильности и получить аналитические результаты для автомобильного движения. Наш анализ показывает, что количество транспортных средств определяется тремя факторами: доступностью скоростного общественного транспорта, эффектами заторов и размером городской зоны.

Литература

1. Филатов М. И., Славенко В. П. Теоретическое обоснование метода восстановления деталей автомобиля на основе информационно-энергетической оценки // Вестник ОГУ. 2011. № 10 (129). С. 151-155.
2. Prudovskiy B. D., Terentiev A. V. Investigation methods for «current repairs labour-intensiveness» factor for a vehicle 11 Life Science Journal. 2014. Vol. 11 (10 SPEC. ISSUE). Pp. 307-310.
3. Terentiev A. V., Menukhova T. A. Economics and society in the era of technological changes and globalization the methodology of the operating cost accounting in identifying mileage of efficient motor vehicle operation // International Journal of Economics and Financial Issues. 2015. Vol. 5(3S). Pp. 183-186.
4. Кудряшов Е. А., Смирнов И. М. К выбору рационального способа восстановления работоспособности изношенных поверхностей деталей // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. «Техника и технологии». 2014. № 1. С. 8-15.
5. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. Т. 15, № 1. С. 9-17.
6. Бондарева Г. И. Системный анализ объектов, функций и ресурсов в процессах восстановления деталей машин // Вестник Московского гос. агроинженерного ун-та. 2010. № 2. С. 119-124.
7. Пузан С. А. Критерий выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии // Вестник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2017. Вып. 183. С. 45-56.
8. Терентьев А. В. Развитие метода районирования // Материалы 4-й междунар. науч.-практ. конф. «Инновации на транспорте и в машиностроении». СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016. С. 127-130.
9. Беляев А. И., Терентьев А. В., Пушкарев А. Е. Оценка методов восстановления деталей дорожно-строительных машин в многокритериальной постановке // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1 (66). С. 123-127.
10. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования // Записки Горного института. 2015. Т. 211. С. 89-90.
11. Терентьев А. В. Многокритериальный показатель качества автомобиля // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 201-204.
12. Пузаков А. В., Осаулко Я. Ю. Исследование влияния эксплуатационных факторов на тепловое состояние автомобильного генератора // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 1 (52). С. 16-23.
13. Долina О. Н., Жидкова М. А., Шпилькина Т. А., Ахметжанова Э. В. Реализация политики импортозамещения в автомобильной промышленности // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 2 (49). С. 22-28.
14. Блудян Н. О. Перспективы развития электрических автобусов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 19-24.
15. Мельникова Т. Е., Мельников С. Е., Завязкина В. В. Электромобили: перспективы и пути развития // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. № 3 (58). С. 22-26.

A THEORETICAL MODEL OF DAILY URBAN TRAVEL BASED ON TWO COMPONENTS

Danila A. Ptitsyn, MADI, Moscow, Russia, d.pticyn@madi.ru

Vladimir S. Ershov, MADI, Moscow, Russia, vsershov21@gmail.com

Artem V. Podgorny, MADI, Moscow, Russia, podgornyrobot@gmail.com

Zapir M. Makhmudov, MADI, Moscow, Russia, zapir-mahmudov@mail.ru

Alexey A. Akulov, MADI, Moscow, Russia, Ter34t@mail.ru

Abstract

Since most people currently live in urban areas and two-thirds of the world's population will live in cities by 2050, understanding urban mobility patterns has become paramount in reducing transport-related greenhouse gas emissions and is critical to effective environmental policies. In this article, we address this issue and propose a theoretical model of daily urban commuting, based on two critical components: the coexistence of cars and public transport and traffic congestion. Combining these components in a hectic-type approach allows us to draw important conclusions about health and transport-related greenhouse gas emissions. We compare our forecasts with empirical data from major cities around the world.

Keywords: road transport, traffic, public transport, critical distance, traffic congestion.

References

1. M. I. Filatov, V. P. Slavnenko (2011). Theoretical substantiation of the method of restoring car parts based on information and energy assessment. *OSU Bulletin*. No. 10 (129). P. 151-155.
2. B. D. Prudovskiy, A. V. Terentiev (2014). Investigation methods for "current repairs labour-intensiveness" factor for a vehicle. *Life Science Journal*. Vol. 11 (10 SPEC. ISSUE). Pp. 307-310.
3. A. V. Terentiev, T. A. Menukhova (2015). Economics and society in the era of technological changes and globalization the methodology of the operating cost accounting in identifying mileage of efficient motor vehicle operation. *International Journal of Economics and Financial Issues*. Vol. 5(3S). Pp. 183-186.
4. E. A. Kudryashov, I. M. Smirnov (2014). To the choice of a rational way to restore the performance of worn-out surfaces of parts. *Bulletin of the South-West State University. Series "Engineering and Technology"*. No. 1. P. 8-15.
5. V. P. Ivanov (2016). Choosing a way to restore parts. *Science and technology*. Vol. 15, No. 1. P. 9-17.
6. G. I. Bondareva (2010). System analysis of objects, functions and resources in the processes of restoring machine parts. *Bulletin of the Moscow State Agroengineering University*. No. 2. P. 119-124.
7. S. A. Puzan (2017). Criterion for choosing a method for restoring machine parts and determining a rational route for technology. *Bulletin of KhNTUSG iM. P. Vasilenka*. Issue 183. P. 45-56.
8. A. V. Terentyev (2016). Development of the zoning method. Materials of the 4th international conference "Innovations in transport and mechanical engineering". SPb.: National Mineral Resources University "Mining". P. 127-130.
9. A. I. Belyaev, A. V. Terent'ev, A. E. Pushkarev (2018). Evaluation of methods for restoring parts of road-building machines in a multicriteria setting. *Civil Engineers Bulletin*. No. 1 (66). P. 123-127.
10. A. V. Terentyev, B. D. Prudovskiy (2015). Methods for determining the Pareto set in some linear programming problems. *Notes of the Mining Institute*. Vol. 211. P. 89-90.
11. A. V. Terent'ev (2015). Multi-criteria indicator of vehicle quality. *Civil Engineers Bulletin*. No. 1 (48). P. 201-204.
12. A. V. Puzakov, Ya. Yu. Osaulko. (2018). Research of influence of operational factors on the thermal condition of the automotive alternator. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta)*. No. 1 (52). P. 16-23.
13. O. N. Dolina, M. A. Zhidkova, T. A. Shpilkina, E. U. (2017). Ahmetzhanova. Implementation of the import substitution policy in the automotive industry. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta)*. No. 2 (49). P. 22-28.
14. N. O. Bludyan (2020). Prospects for the development of electric buses. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta)*. No. 3 (62). P. 19-24.
15. T. E. Mel'nikova, S. E. Mel'nikov, V. V. Zavyazkina (2019). Electric vehicles: prospects and ways of development. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta)*. No. 3 (58). P. 22-26.