Научная статья
УДК 656.135.2
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-544-553>

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИВЕДЕНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ПРИМЕНИТЕЛЬНЫХ К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЕМОГО ПЕРЕКРЕСТКА

В.В. Донченко, А.Н. Шумский

Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ),
г. Москва, Россия

doncenko@niiat.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0544-7608>
shumskiy-msk@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4339-5650>

АННОТАЦИЯ

Введение. Стремительный рост автомобильного парка страны и увеличивающиеся темпы объема перевозок приводят к возникновению различного рода транспортных проблем. Особенно остро это наблюдается на регулируемых участках, расположенных вблизи логистических парков, а также промышленных зонах городов. Здесь в общем транспортном потоке преобладают грузовые автомобили, которые отличаются от легковых автомобилей своими габаритными параметрами и динамическими характеристиками. Для единообразия транспортного потока определенное различие компенсируется специализированными коэффициентами приведения к условному легковому автомобилю. Выполненное исследование направлено на установление основных методов, применяемых при приведении грузовых транспортных средств к условному легковому автомобилю, и оценку существующих коэффициентов приведения грузовых транспортных средств к условному легковому автомобилю посредством определения значения приведенной интенсивности дорожного движения.

Методы и материалы. В рамках выполненного исследования применены натурные методы сбора данных для проведения последующего расчета. При осуществлении анализа определенных параметров установлены математические модели, лежащие в основе определенных значений коэффициентов приведения грузовых автомобилей к условному легковому автомобилю.

Результаты. В ходе выполненного исследования авторами произведена классификация методов определения коэффициентов приведения грузового автомобиля к условному легковому автомобилю. Установлены значения коэффициентов приведения по некоторым из них, которые возможно использовать при проведении расчета параметров регулируемого участка. Произведен расчет приведенной величины интенсивности дорожного движения на установленном объекте исследования – регулируемом перекрестке с использованием различных коэффициентов приведения, установленных ранее. Дана оценка полученным результатам.

Заключение. Анализ, полученный в результате расчетов, значений, показал значительное их отличие друг от друга с разницей в 12%, 53% и 300% от значения общей (неприведенной) интенсивности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грузовые транспортные средства, коэффициент приведения, регулируемый участок, приведенная интенсивность

Статья поступила в редакцию 06.08.2021; одобрена после рецензирования 05.10.2021; принята к публикации 29.10.2021.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Донченко В.В., Шумский А.Н. Оценка коэффициентов приведения грузовых автомобилей, применительных к расчету параметров регулируемого перекрестка // *Вестник СибАДИ*. 2021. Т.18, № 5(81). С. 544-553. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-544-553>

© Донченко В.В., Шумский А.Н., 2021

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-544-553>

ESTIMATION OF TRUCK REDUCTION FACTORS APPLICABLE TO CALCULATION OF PARAMETERS OF A REGULATED INTERSECTION

Vadim V. Donchenko, Alexander N. Shumskiy

Open Joint Stock Company Research Institute of Automobile Transport (NIIAT)

doncenko@niiat.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0544-7608>

shumskiy-msk@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4339-5650>

ABSTRACT

Introduction. The rapid growth of the country's car park and the increasing rate of traffic volume lead to various types of transport problems. This is especially acute in regulated areas located near logistics parks, as well as in industrial zones of cities. Here, in the general traffic flow, trucks prevail, which differ from passenger cars primarily in their overall dimensions and dynamic characteristics. For the uniformity of the traffic flow, a certain difference is compensated by specialized coefficients of converting to a conventional passenger car. The performed research is aimed at establishing the main methods used in bringing freight vehicles to a conventional passenger car and assessing the current coefficients of converting freight vehicles to a conventional passenger car by determining the value of the reduced traffic intensity.

Methods and materials. Within the framework of the study performed, natural methods of data collection were used for the subsequent calculation. When analyzing certain parameters, mathematical models have been established that underlie certain values of the coefficients of converting trucks to a conventional passenger car.

Results. In the course of the study, the authors classified the methods for determining the coefficients of bringing a truck to a conventional passenger car. The values of the reduction factors for some of them have been established, which can be used when calculating the parameters of the regulated section. The present value of road traffic on the set object of the study - the regulated intersection - has been calculated using different actuation coefficients established earlier. The results obtained are assessed.

Conclusion. The analysis of the values obtained as a result of calculations showed their significant difference from each other with a difference of 12%, 53% and 300% of the value of the total (not reduced) intensity. Based on the results obtained, the main tasks of further research are determined.

KEYWORDS: freight vehicles, reduction factor, adjustable area, reduced intensity

The article was submitted 06.08.2021; approved after reviewing 05.10.2021; accepted for publication 29.10.2021.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods.

There is no conflict of interest.

For citation: Donchenko V.V., Shumskiy A.N. Estimation of truck reduction factors applicable to calculation of parameters of a regulated intersection. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (5): 544-553. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-544-553>

© Donchenko V.V., Shumskiy A.N., 2021

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие транспортной системы страны происходит по интенсивному сценарию [1, 2], который характеризуется увеличением объемов перевозимых грузов и активным строительством логистических парков [3, 4]. В свою очередь стремительный рост автомобильного парка страны и увеличивающиеся темпы объема перевозок приводят к возникновению различного рода транспортных проблем. Особенно остро это наблюдается на регулируемых участках, расположенных вблизи логистических парков, а также промышленных зонах городов.

Повышенная нагрузка на дорожную сеть, особенно в часы-пик, выражается большим количеством простоев и задержек, вызванных также повышенным влиянием грузового автотранспорта различной грузоподъемности [5]. Оценить степень влияния грузового автотранспорта в общем транспортном потоке возможно с использованием системы коэффициентов приведения, но в связи с постоянно меняющейся нагрузкой, которая оказывает влияние на динамику движения, на регулируемых участках наблюдается затруднительная ситуация в движении [6, 7]. Отсутствие на сегодняшний день методов программирования (расчета) оптимального режима управления, позволяющего оценить степень влияния грузового автотранспорта в общем транс-

портном потоке с учетом его динамических характеристик является проблемой, которая определяется повышенными задержками, сбоями доставки и даже аварийностью транспортно-логистического процесса. Активное развитие транспортно-логистического комплекса страны, увеличение грузопотока и грузооборота в совокупности с неприспособностью дорожно-транспортной сети, особенно регулируемых участков, к такому процессу приведет к ухудшению транспортной ситуации и повышению количества дорожно-транспортных происшествий [8, 10].

В результате определенной проблемы сформулирована основная цель проводимого исследования – произвести оценку существующих коэффициентов приведения грузовых транспортных средств к условному легковому автомобилю.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ научных трудов [11, 12, 13, 14, 15] позволил систематизировать основные методы определения коэффициентов приведения грузового автомобиля к условному легковому автомобилю (рисунок 1).

В общем транспортном потоке грузовые транспортные средства оказывают негативное влияние, которое объясняется тремя факторами:

Рисунок 1 – Методы определения коэффициента приведения грузового автомобиля к условному легковому автомобилю в общем транспортном потоке

Figure 1 – Methods for determining the truck reduction factors to a conventional car in the total traffic flow

1) грузовой автотранспорт больше легкового;

2) по эксплуатационным характеристикам грузовой уступает легковому;

3) грузовой автотранспорт оказывает физическое воздействие на находящиеся поблизости транспортные средства и психологическое воздействие на водителей этих транспортных средств, особенно при выполнении маневров – перестроении, поворота [16, 17] и пр.

Если в рассматриваемых методах (см. рисунок 1) первые два фактора учитываются, то третий, позволяющий более полно характеризовать движение в зоне регулируемого участка, рассматривается только в методе, основанном на движении, предложенным и изученным Р.А. Краммесом.

Р.А. Краммес [11] предположил, что проблемы, связанные с движением грузового автотранспорта, такие как аэродинамические нарушения, брызги, блокировка знаков и пр. могут способствовать снижению пропускной способности из-за их влияния на то, как находящиеся поблизости транспортные средства используют проезжую часть.

Результаты статистического анализа на скоростных участках дорог, проведенного Р.А. Краммесом, показали, что на расстояние между транспортными средствами оказывают влияние типы транспортных средств. Например, при наличии впереди грузового транспортного средства, за следующим за ним легковым автомобилем, в первую очередь ограничено расстояние видимости, что, согласно наблюдениям, является основанием для увеличения расстояния до впереди идущего грузового транспортного средства.

В научном исследовании [11] представлена формула, согласно которой предлагается определять значение коэффициента приведения (PCE – Passenger Car Equivalent) в смешанном транспортном потоке:

$$PCE = (1/p)[(\bar{h}_M - \bar{h}_B)/\bar{h}_B] + 1, \quad (1)$$

где p – доля грузового автотранспорта; $\bar{h}_i$ – средний интервал времени в секундах при данной скорости потока для основного потока ($i = B$) или эквивалентного смешанного потока ($i = M$).

В исследовании [11] был выполнен анализ движения на различных участках дорог – автострады (загородные двухполосные и многополосные участки) и городские улицы (регулируемые и нерегулируемые участки) для прямых участков движения, и получены значения принимаемого коэффициента приведения грузового автомобиля к условному легковому автомобилю в зависимости от уровня обслуживания исследуемого участка, в частности, скоростной магистрали (таблица 1).

В свою очередь регулируемый перекресток аналогично можно характеризовать определенными уровнями обслуживания и инвертировать полученные данные при анализе прямых участков движения.

Представленные коэффициенты приведения (см. таблицу 1) позволяют учитывать специфику движения на рассматриваемом участке, в данном случае скоростной автомагистрали, но аналогичный подход возможен к применению и для регулируемого перекрестка за счет уровня обслуживания. Но представленные значения не позволяют оценить возможное разнообразие грузового транспорта, в первую очередь по грузоподъемности и их скоростным характеристикам.

В исследовании, выполненном Н. Вебстером [14,15], которое в общей схеме методов (см. рисунок 1) именуется как метод на основе плотности транспортного потока, впервые было установлено, что влияние грузового автотранспорта и его учет в общем транспортном потоке с использованием коэффициентов приведения напрямую связан с эксплуатационными характеристиками. В данном исследовании было изучено влияние двух критических с точки зрения эксплуатации характеристик транспортного средства: удельной массы грузового автомобиля и его габаритной длины.

Таблица 1
Рекомендуемые к использованию коэффициенты приведения, полученные в результате исследований Р.А. Краммеса

Table 1
Recommended reduction factors for use, obtained as a result of research by R.A. Krammers

Наименование участка	Уровень обслуживания		
	A	B	C
Скоростная магистраль	1,1	1,2	1,4

В результате исследований для определения коэффициента приведения получено уравнение

$$PCE_s = \frac{1}{\Delta_p} \left[\frac{q_B}{q_s} - \frac{q_B}{q_M} \right] + 1, \quad (2)$$

где PCE_s – значение PCE рассматриваемого транспортного средства, Δ_p – доля рассматриваемого транспортного средства, которая добавляется к общему потоку и вычитается из потока базовых транспортных средств, q_B – поток базовых транспортных средств (легковых) при постоянной плотности движения, q_M – смешанный поток транспортных средств при постоянной плотности движения, q_s – рассматриваемый поток транспортных средств при постоянной плотности движения.

По результату проведенного модельного эксперимента для определенных типов грузовых автомобилей, отличных по габаритной длине и максимальной снаряженной массе (таблица 2), были установлены коэффициенты приведения к условному легковому автомобилю, которые несмотря на разнообразие грузового подвижного состава составили 1,75.

В отечественной практике, согласно нормативному источнику СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги, грузовые транспортные средства» не в зависимости от их процентного наличия в общем транспортном потоке и типа движения, характеризуемого плотностью [18, 19, 20] и описываемого определенным уровнем обслуживания [21, 22], рекомендуют принимать согласно таблице 3.

Таблица 2
Установленные типы грузовых транспортных средств

Table 2
Established types of freight vehicles

Тип грузовика	Сокращение	Длина, м	Максимальная снаряженная масса, т
Двухосный тягач с трехосным полуприцепом	CS5	19,8	23
Длинномерный грузовик	SU2	12,2	4,5
Полуприцеп с четырьмя осями	CS4	19,8	16
Грузовик с двухосным прицепом	DS5	22,9	32
Грузовик с трехосным прицепом	TRP	30,5	47,5

Таблица 3
Рекомендуемые коэффициенты приведения в соответствии с СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги»

Table 3
Recommended reduction factors in accordance with SP 34.13330.2012 Highways

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	1
Мотоциклы с коляской	0,75
Мотоциклы и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
2	1,5
6	2
8	2,5
14	3
свыше 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
12	3,5
20	4

Таблица 4
Рекомендуемые коэффициенты приведения в соответствии
с исследованиями А.Г. Левашева

Table 4
Recommended reduction factors in accordance with the research of A.G. Levashev

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	1,000
Микроавтобус	1,093
Грузовой автомобиль грузоподъемностью:	
до 2 т	1,179
от 2 до 6 т	1,480
свыше 6 т	1,647
Автобус малой вместимости	1,367
Автобус большой вместимости	1,839
Сочлененный автобус / троллейбус	2,362
Автопоезд	2,231

На сегодняшний день в соответствии с нормативным источником коэффициент приведения грузового автомобиля, отличного от установленных в таблице 4, рекомендуется определять интерполяцией.

Кроме этого, в отечественной практике также существуют определенные исследования в рассматриваемой предметной области [6]. В результате выполненных исследований на регулируемом перекрестке А.Г. Левашевым¹ были предложены коэффициенты приведения для различных типов транспортных средств, в том числе и грузовых, различной грузоподъемности, полученных на основании оценки стартовой задержки (таблица 4).

По результату определенных коэффициентов приведения грузовых автомобилей к условному легковому автомобилю, возможных для использования при расчете параметров принудительного управления, определена различность математических моделей (1), (2), которая может привести к существенной разнице значения приведенной интенсивности дорожного движения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для определения разницы итогового значения приведенной интенсивности в рамках дан-

ного исследования выполнен натурный эксперимент по сбору транспортных характеристик и последующий расчет с использованием определенных значений коэффициентов приведения. Объектом исследования стал управляемый с помощью светофора перекресток ул. Садовая – ул. Заборье, расположенный в непосредственной близости от одного из наиболее крупных транспортных логистических парков «Северное-Домодедово» (Московская обл.), предметом исследования стала величина приведенной интенсивности дорожного движения. В результате исследования, проведенного в весенне-летний период (15.06.2021 г.), был произведен суточный срез, согласно которому определен суточный трафик исследуемого участка (рисунок 2). Суточная интенсивность составляет 94 390 авт/сут, транспортный поток представлен легковыми, грузовыми и пассажирскими транспортными средствами, в связи с тем что исследование направлено на оценку грузового автотранспорта, в рамках выполненного натурального изыскания определено три типа грузовых автомобилей, представленных в общем составе, различной грузоподъемности – до 10 т, от 10 до 20 т и свыше 20 т.

¹ Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: учебное пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2007. 208 с.

Рисунок 2 – Гистограмма суточной интенсивности на пересечении ул. Садовая – ул. Заборье (Московская обл.)

Figure 2 – Histogram of daily intensity at the intersection of st. Sadovaya – st. Zaborie (Moscow region)

Наиболее нагруженным периодом времени оказался период времени с 12.00–13.00, часовая интенсивность движения составила 5554 авт./ч. Из общего транспортного потока за рассматриваемый период времени доля грузовых автомобилей составляла 30%, что позволяет судить о высокой степени загруженности грузовыми транспортными средствами на объекте исследования.

Для достижения основной цели в рамках научной статьи осуществлено приведение полученной пиковой интенсивности с использованием определенных ранее коэффициентов приведения, полученных Р.А. Краммерсом, Н. Вебстером, определенных в отечественной нормативной документации и установленных А.Г. Левашевым [6] (рисунок 3).

Рисунок 3 – Результат произведенного расчета величины приведенной интенсивности

Figure 3 – The result of the calculation of the value of the reduced intensity

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате выполненного расчета были получены значения, отличные друг от друга. Так, используя коэффициенты приведения грузовых автомобилей к условному легковому, рекомендуемые Р.А. Краммерсом, значение приведенной интенсивности будет отличным от интенсивности пикового периода на 12% и составит 6227 ед./ч, значения, полученные в результате использования коэффициента приведения, рекомендуемого А.Г. Левашевым, приведут к различию в 19% (6643 ед./ч). Применяв коэффициент, рекомендуемый Н. Вебстером, значения будут отличны на 61%, и приведенная интенсивность составит 8950 ед./ч. Наибольшее значение было получено при использовании отечественного норматива СП 34.13330.20212 и превысило пиковое значение в 3 (!) раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют судить о необходимости проведения исследований в данной области и уточнения коэффициентов приведения. В свою очередь использование полученных результатов в дальнейших расчетах, а именно в определении параметров при установлении принудительного управления при помощи светофоров приведет к различности полученных результатов, в первую очередь потока насыщения и степени насыщения [23, 24], что, безусловно, окажет влияние на режимы движения и станет причиной увеличенного времени простоя [25].

В качестве направления дальнейшего исследования необходимым мероприятием является разработка подхода к определению основных оптимальных параметров принудительного управления, учитывающих преобладающий тип транспорта – грузовой – в общем транспортном потоке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколов М. Транспортная стратегия России на период до 2030 года // Транспортная стратегия – XXI век. 2013. № 22. С. 7–9.
2. Хегай Ю.А. Проблемы и перспективы развития транспортной системы в России // Теория и практика общественного развития. 2014. № 4. С. 205–207.
3. Николаев Р.С. Транспортно-логистический комплекс страны в условиях структурной перестройки экономики: макроэкономические подходы к анализу эффективности // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2018. Т. 13, № 2. С. 228–250.
4. Печерская О.А., Макарьева Е.А. Факторы, влияющие на развитие транспортно-логистического комплекса // Альтернативные транспортные технологии. 2018. Т. 5, № 1 (8). С. 34–37.
5. Новиков И.А., Медведев М.И., Шевцова А.Г. Влияние динамических характеристик грузового автотранспорта на параметры регулируемого перекреста // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). С. 62–69.
6. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю. Уточнение коэффициентов приведения к легковому автомобилю для расчетов режимов регулирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2005. № 1 (21). С. 138–143.
7. Новиков И.А., Шевцова А.Г. Влияние изменения задержек транспортных средств на количество режимов работы светофорного объекта // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 4 (35). С. 62–68.
8. Кравченко П.А., Жанказиев С.В., Олещенко Е.М. Концепция обеспечения нулевой смертности на дорогах России как механизм борьбы с причинами дорожно-транспортных происшествий // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 4 (83). С. 3–7.
9. Новиков И.А., Кравченко А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 3 (66). С. 58–64.
10. Nassiri H. Delay-based passenger car equivalents at signalized intersections in Iran / Nassiri H., Tabatabaie S., Sahebi S. // Traffic & Transportation, vol. 29, no. 2, pp. 135–142, 2017
11. Krammes R. A. Passenger car equivalents for trucks on level freeway segments / Krammes R. A. Crowley K. W. // Transportation Research Record, vol. 1091, pp. 10–17, 1986.
12. Craus J. A revised method for the determination of passenger car equivalencies / Craus J., Abishai P., Itzhak G. // Transportation Research Part A: General, vol. 14, no. 4, pp. 241–246, 1980
13. Keller E. Passenger car equivalents from network simulation / Keller E., Saklas J. // Journal of Transportation Engineering, vol. 110, no. 4, pp. 397–411, 1984.
14. Elefteriadou L. Development of passenger car equivalents for freeways, two-lane highways, and arterials / Elefteriadou L., Torbic D., Webster N. // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1572, no. 1, pp. 51–58, 1997
15. Webster N. A simulation study of truck passenger car equivalents PC on basic freeway sections / Webster N., Elefteriadou L. // Transportation Research Part B: Methodology, vol. 33, no. 5, pp. 323–336, 1999.
16. Дорохин С.В., Лихачев Д.В. Анализ подходов к вводу специализированной левоповоротной полосы при использовании светофорного регулирования // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 3 (66). С. 43–50.

17. Жигадло А.П., Дорохин С.В., Лихачев Д.В. Новый подход к вводу дополнительной левоповоротной секции светофорного регулирования // Вестник СибАДИ. 2019. Т. 16, № 4 (68). С. 432–445.

18. Столяров В.В., Немчинов Д.М., Гусев В.А., Щеголева Н.В. Математическая модель транспортного потока, основанная на микроскопической теории «следования за лидером» // Дороги и мосты. 2015. № 2 (34). 20 с.

19. Бугаев А.С., Таташев А.Г., Яшина М.В., Лавров О.С., Носов Е.А. Восстановление динамики транспортного потока на основе детерминированно-стохастической модели и данных с интеллектуально транспортных систем // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Т. 13, № 10. С. 35–44.

20. Скворцова Т.В., Дорохин С.В., Кондрашова Е.В. Модель распределения транспортных потоков автомобилей // Моделирование систем и процессов. 2014. № 3. С. 28–32.

21. Власов В.М., Богумил В.Н. Методика оценки показателей «уровней обслуживания движения», адаптированных к городским условиям // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. № 4 (43). С. 69–75.

22. Полтавская Ю.О. Повышение пропускной способности и уровня обслуживания в транспортной теории // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 200–201.

23. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Методы определения потока насыщения автотрассы // Мир транспорта. 2013. Т. 11. № 3 (47). С. 44–51.

24. Новиков А.Н., Еремин С.В., Шевцова А.Г. Основные принципы расчета программы светофорного регулирования на основе управляемых сетей и потока насыщения // Вестник СибАДИ. 2019. Т. 16, № 6 (70). С. 680–691.

25. Novikov A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city / Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. // Journal of Applied Engineering Science. 2019. Т. 17. № 2. С. 175–181.

REFERENCES

1. Sokolov M. Transportnaja strategija Rossii na period do 2030 goda [Transport strategy of Russia for the period up to 2030]. *Transport strategy - XXI century*. 2013. 22: 7–9. (in Russian)

2. Khagay Yu.A. Problemy i perspektivy razvitiya transportnoj sistemy v Rossii [Problems and Prospects for the Development of the Transport System in Russia]. *Theory and practice of social development*. 2014. 4: 205–207. (in Russian)

3. Nikolaev R.S. Transportno-logisticheskij kompleks strany v usloviyah strukturnoj perestrojki jekonomiki: makrojekonomicheskie podhody k analizu jeffektivnosti [Transport and logistics complex of the country in the context of structural restructuring of the economy: macroeconomic approaches to the analysis of efficiency] *Bulletin of Perm University. Series: Economics*. 2018. 13(2): 228–250. (in Russian)

4. Pecherskaya O.A. Makarieva E.A. Faktory, vlijajushhie na razvitie transportno-logisticheskogo kompleksa [Factors affecting the development of the transport and logistics complex] *Alternative transport technologies*. 2018. 5. 1 (8): 34–37. (in Russian)

5. Novikov I.A. Medvedev M.I., Shevtsova A.G. Vlijanie dinamicheskikh harakteristik gruzovogo avtotransporta na parametry reguliruemogo perekresta [Influence of dynamic characteristics of freight vehicles on the parameters of the controlled crossing] *World of Transport and Technological Machines*. 2017. 1 (56): 62–69. (in Russian)

6. Levashev A.G., Mikhailov A.Yu. Utochnenie koeficientov privedenija k legkovomu avtomobilju dlja raschetov rezhimov regulirovanija [Refinement of coefficients of reduction to a passenger car for calculating regulation modes] *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2005. 1 (21): 138–143. (in Russian)

7. Novikov I.A., Shevtsova A.G. Vlijanie izmenenija zaderzhek transportnyh sredstv na kolichestvo rezhimov raboty svetofornogo ob'ekta [Influence of changes in vehicle delays on the number of operating modes of a traffic light object] *World of Transport and Technological Machines*. 2011. 4 (35): 62–68. (in Russian)

8. Kravchenko P.A., Zhankaziev S.V., Oleshchenko E.M. Koncepcija obespechenija nulevoj smertnosti na dorogah Rossii kak mehanizm bor'by s prichinami dorozhno-transportnyh proisshestvij [The concept of ensuring zero mortality on the roads of Russia as a mechanism for combating the causes of road traffic accidents] *Transport of the Russian Federation*. 2019. 4 (83): 3–7. (in Russian)

9. Novikov I.A., Kravchenko A.A., Shevtsova A.G., Vasilyeva V.V. Nauchno-metodologicheskij podhod k snizheniju avarijnosti na dorogah Rossijskoj Federacii [Scientific and methodological approach to reducing accidents on the roads of the Russian Federation] *World of Transport and Technological Machines*. 2019. 3 (66): 58–64. (in Russian)

10. Nassiri H. Delay-based passenger car equivalents at signalized intersections in Iran / Nassiri H., Tabatabaie S., Sahebi S. // *Traffic & Transportation*, 2017 29(2): 135–142

11. Krammes R. A. Passenger car equivalents for trucks on level freeway segments / Krammes R. A. Crowley K. W. // *Transportation Research Record*, 1986. 1091: 10–17.

12. Craus J. A revised method for the determination of passenger car equivalencies / Craus J., Abishai P., Itzhak G. // *Transportation Research Part A: General*, 1980 14(4): 241–246.

13. Keller E. Passenger car equivalents from network simulation / Keller E., Saklas J. // *Journal of Transportation Engineering*, 1984 110(4): 397–411.

14. Elefteriadou L. Development of passenger car equivalents for freeways, two-lane highways, and arterials / Elefteriadou L., Torbic D., Webster N. // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1997. 1: 51–58.

15. Webster N. A simulation study of truck passenger car equivalents PC on basic freeway sections /

Webster N., Elefteriadou L. // *Transportation Research Part B: Methodology*, vol. 33, no. 5, pp. 323–336, 1999.

16. Dorokhin S.V., Likhachev D.V. Analiz podhoda k vvodu specializirovannoj levopovorotnoj polozhy pri ispol'zovanii svetofornogo regulirovaniya [Analysis of approaches to the introduction of a specialized left turn lane when using traffic light regulation] // *World of Transport and Technological Machines*. 2019. 3 (66): 43–50. (in Russian)

17. Zhigadlo A.P. Dorokhin S.V., Likhachev D.V. Novyj podhod k vvodu dopolnitel'noj levopovorotnoj sekcii svetofornogo regulirovaniya [A new approach to the introduction of an additional left-turn section of traffic light regulation] *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019. 16. 4 (68): 432–445. (in Russian)

18. Stolyarov V.V. Nemchinov D.M., Gusev V.A., Shchegoleva N.V. [Mathematical model of traffic flow based on the microscopic theory of “following the leader”] *Roads and bridges*. 2015. 2 (34): 20. (in Russian)

19. Vosstanovlenie dinamiki transportnogo potoka na osnove determinirovanno-stokhasticheskoy modeli i dannyh s intellektual'no transportnyh sistem [Reconstruction of traffic flow dynamics based on deterministic-stochastic model and data from intelligent transport systems] / Bugaev A.S., Tatashev A.G., Yashina M.V., Lavrov O.S., Nosov E.A. // *T-Comm: Telecommunications and Transport*. 2019.13(10): 35–44. (in Russian)

20. Skvortsova T.V. Dorokhin S.V., Kondrashova E.V. Model' raspredeleniya transportnyh potokov avtomobilej [Model of distribution of traffic flows of cars] *Modeling systems and processes*. 2014. 3: 28–32. (in Russian)

21. Vlasov V.M., Bogumil V.N. Metodika ocenki pokazatelej «urovnej obsluzhivaniya dvizheniya», adaptirovannyh k gorodskim usloviyam [Methods for assessing the indicators of “traffic service levels” adapted to urban conditions] *Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*. 2015. 4 (43): 69–75. (in Russian)

22. Poltava Yu.O. Povyshenie propusknoy sposobnosti i urovnya obsluzhivaniya v transportnoj teorii [Increasing capacity and service level in transport theory] *Modern technologies and scientific and technical progress*. 2019. 1: 200–201. (in Russian)

23. Borovskaya A.E. Metody opredeleniya potoka nasyshheniya avtotrassy [Methods for determining the saturation flow of a highway] / Borovskaya A.E.,

Shevtsova A.G. // *World of transport*. 2013. 11. 3(47): 44–51. (in Russian)

24. Novikov A.N., Eremin S.V., Shevtsova A.G. Osnovnye principy rascheta programmy svetofornogo regulirovaniya na osnove upravlyaemyh setej i potoka nasyshheniya [Basic principles of calculating a traffic light control program based on controlled networks and saturation flow] *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019. 16. 6 (70): 680–691. (in Russian)

25. Novikov A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city / Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. // *Journal of Applied Engineering Science*. 2019. 17.(2):175–181.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Донченко В.В. Постановка цели и задачи исследования.

Шумский А.Н. Выполнение анализа определенных методов, проведение натурных исследований, осуществление расчетов.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Vadim V. Donchenko Statement of the goal and objectives of the study.

Alexander N. Shumskiy Analysis of certain methods, field research, calculations.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Донченко Вадим Валерианович – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, научный руководитель ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта».

Шумский Александр Николаевич – аспирант ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», руководитель экспертного центра «Probok.net»

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vadim V. Donchenko (Moscow, Russia) – Cand. of Sci., senior researcher, scientific director of Scientific Research Institute of Automobile Transport

Alexander N. Shumskiy - post-graduate student of the Scientific Research Institute of Automobile Transport, Head of the Probok.net Expert Center.