



АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ

© А.Ю. Михайлов¹, Е.Л. Попова², И.Л. Гайворонский³

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ: В данной работе проведено изучение методик расчета пропускной способности пересечений в одном уровне. В данной работе используется метод сравнительного анализа. Определение пропускной способности необходимо не только для выявления участков, требующих улучшения условий движения, но и для оценки экономичности и удобства движения всего потока автомобилей по маршруту, выбора эффективных средств организации движения. Любая дорога может работать при нагрузках различной интенсивности. При этом предельной будет интенсивность, соответствующая пропускной способности дороги. Эффективность транспортной работы дороги может характеризоваться как пропускной способностью, так и интенсивностью, при которой движение по дороге наиболее экономично и оптимально по условиям работы водителя. Последние десятилетия рыночных отношений в Российской Федерации ознаменовались резким увеличением количества автотранспорта в городах. Существуют основания полагать, что в российских городах предельный уровень автомобилизации достигнет уровня 550 авт./1000 чел. к 2020–2025 гг., что в полтора раза больше уровня, достигнутого сегодня в наиболее развитой Европейской части России. С увеличением уровня автомобилизации изменился и состав транспортных потоков, в которых теперь личный легковой автотранспорт составляет 80–90%. Индивидуальный автомобиль породил ряд проблем развития городов в части градостроительного проектирования и транспортного планирования. Увеличение объемов движения транспорта на дорогах общего пользования, городских улицах и дорогах делает наиболее актуальными задачи обеспечения пропускной способности, сокращения задержек и очередей. Одним из элементов сетей дорог общего пользования и улично-дорожных сетей городов, на котором возникают очереди и задержки транспортных потоков, являются нерегулируемые пересечения.

Ключевые слова: пропускная способность, улично-дорожная сеть, транспортные потери, уровень обслуживания, заторы

Информация о статье: Дата поступления 20 октября 2018 г.; дата принятия к печати 30 ноября 2018 г.; дата онлайн-размещения 28 декабря 2018 г.

Для цитирования: Михайлов А.Ю., Попова Е.Л., Гайворонский И.Л. Анализ методик расчета пропускной способности пересечений в одном уровне. *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2018;22(12):231–238. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-12-231-238

ANALYSIS OF CALCULATION METHODS OF TRAFFIC CAPACITY OF INTERSECTIONS AT GRADE

Alexander Yu. Mikhailov, Ekaterina L. Popova, Ivan L. Gaivoronskiy

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation

ABSTRACT: The paper studies the calculation methods of traffic capacity of intersections at grade using the method of comparative analysis. Determination of traffic capacity is needed for the identification of road sections where road conditions should be improved as well as for the assessment of traffic economy and convenience along the whole traffic route

¹Михайлов Александр Юрьевич, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

Alexander Yu. Mikhailov, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Road Transport, e-mail: mikhaylov_ay@mail.ru

²Попова Екатерина Леонидовна, аспирант, e-mail: katerinapiskovec@mail.ru

Ekaterina L. Popova, Postgraduate, e-mail: katerinapiskovec@mail.ru

³Гайворонский Иван Леонидович, аспирант, e-mail: i_gaivoronskij@mail.ru

Ivan L. Gaivoronskiy, Postgraduate, e-mail: i_gaivoronskij@mail.ru



and selection of the most efficient means of traffic organization. Any road can operate at different workload intensity. In this case the intensity corresponding to the traffic capacity of a road will be limiting. The operation efficiency of a road can be defined by traffic capacity or intensity enabling the most economical and efficient traffic on the road in terms of driver's operating conditions. The last few decades of market relations in the Russian Federation feature a steep increase in the number of motor transport in cities. It is assumed that the critical level of motorization in Russia will achieve the level of 550 automobiles per 1000 people by 2020-2025, which is one and a half times as much as the current level in the more developed European part of Russia. The increased motorization level has affected the structure of traffic flows where the percentage of personal passenger cars is 80-90%. An individual motor vehicle has caused a number of problems in urban development in the part of city and transport planning. The increased volume of traffic on public roads and city streets and highways raises the relevance of the problems of ensuring traffic capacity and reduction of delays and queues. One of the components of public road network and urban road and street network featuring queues and delays of transport flows is uncontrolled intersections.

Keywords: road capacity, street and road network, transport losses, service level, road congestion

Information about the article: Received October 20, 2018; accepted for publication November 30, 2018; available online December 28, 2018.

For citation: Mikhailov A.Y., Popova E.L., Gaivoronskiy I.L. Analysis of calculation methods of traffic capacity of intersections at grade. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2018; 22(12):pp. 231–238. (In Russ.). DOI: 10.21285/1814-3520-2018-12-231-238

Введение

Установлено, что наиболее значимым отличием методики, представленной в ОДМ 218.2.020-2012⁴, от методики HCM 2000 является отсутствие в ней оценки качества организации дорожного движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях. Критерием оценки качества организации движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях является величина средней задержки транспортных средств второстепенных направлений движения, процедура расчета которой не рассмотрена в руководстве ОДМ 218.2.020-2012.

Плотные транспортные потоки – массовое явление для крупных и крупнейших городов России (в том числе г. Иркутска). Транспортное обслуживание населения и организация движения в городах по мере роста их территории, численности населения и увеличения уровня автомобилизации вырастают в важнейшую градостроительную проблему. Особенно это характерно в

последнее десятилетие для большинства крупных и крупнейших городов России, испытывавших в 90-х годах процесс «взрывной автомобилизации». На определенном этапе развития города возникает перенасыщение уличной сети транспортными средствами. Улично-дорожная сеть (УДС) городов России, сформировавшаяся в то время, когда уровень автомобилизации был 30–80 автомобилей на 1000 жителей, не удовлетворяет современным требованиям [1]. Перегрузка городских магистралей в «часы пик» приводит в крупнейших и крупных городах России к появлению заторов. Наблюдаемое в случае заторов снижение скорости транспортных средств приводит к перерасходу топлива, загрязнению воздушной среды и непроизводительным тратам времени. Все вышесказанное можно объединить общим понятием – транспортные потери пользователей улично-дорожной сети города [3–4].

⁴Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог: издан на основании Распоряжения Федерального дорожного агентства от 17 февраля 2012 г. № 49. / Industry-based road guidance document ODM 218.2.020-2012. Guidelines for motor road capacity estimation: issued on the basis of the Order of the Federal road Agency of February 17, 2012, no. 49.



Цель исследования

В настоящее время современные зарубежные методики расчета пропускной способности пересечений получили теоретическое развитие, которое включило учет влияния нескольких конфликтных точек, которые проходит поток второстепенного направления. В этой связи в данной статье сравниваются методики расчетов, принятые в нашей стране⁵ [2–7] и используемые за рубежом.

В ОДМ 218.2.020-2012 для упрощения процедуры расчетов определяется максимальная допустимая интенсивность движения на второстепенном направлении. Соответственно, все потоки второстепенного направления сводятся к одному условному, значение которого используется в расчете максимальной допустимой интенсивности движения на второстепенном направлении.

Методика, приведенная в руководствах HCM 2000 и HCM 2010 (США), детально рассматривает процедуру расчета пропускной способности на любом из второстепенных направлений движения на перекрестке. При этом сами потоки на второстепенных направлениях ранжируются в зависимости от того, сколько конфликтных точек они пересекают при движении через перекресток. Сначала рассчитывается пропуск-

ная способность направления первой конфликтной точки, которую проходит поток второстепенного направления.

Полученное значение пропускной способности рассматривается как «потенциальное» и корректируется с использованием показателя вероятности отсутствия на перекрестке транспортных потоков, имеющих преимущество движения по отношению к рассматриваемым [8–11]. Такая техника расчета пропускной способности позволяет рассматривать нерегулируемые перекрестки любой геометрической конфигурации и схемы организации движения.

Наличие процедур расчета задержек и длины очередей также позволяет использовать эту методику для вариации результатов микро моделирования движения на нерегулируемых пересечениях, т.е. представляет возможность сравнивать значения пропускной способности, задержек и очередей, полученных в результате микро моделирования с расчетными значениями [12].

Наиболее значимым отличием методики, представленной в ОДМ 218.2.020-2012, от зарубежных аналогов является отсутствие в ней оценки качества организации дорожного движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях.

Методы исследования

За основу оценки качества организации дорожного движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях принят показатель уровня обслуживания движения (LOS-Level of Service) [13–17]. Оценочные градации уровней обслуживания разработаны в целом ряде стран. Например, в табл. 1 представлены границы уровней обслуживания, принятые в Германии (руководство HBS). Условия движения транспортных средств, которые соответствуют каждому из уровней обслуживания движения в руковод-

стве HBS, представлены ниже:

- Уровень А – Большая часть водителей беспрепятственно проезжает через перекресток. Задержка очень мала.
- Уровень В – Влияние потоков в главном направлении на возможность движения второстепенных потоков становится заметным. Задержка при этом все еще остается незначительной.
- Уровень С – Водители на второстепенном направлении вынуждены пропускать большое число транспортных средств,

⁵Лобанов Е.М. Исследование пропускной способности нерегулируемых узлов автомобильных дорог в одном уровне: дис. ... канд. техн. наук. М., 1965. / Lobanov E.M. Studying capacity of uncontrolled road junctions at the same level: Candidate's Dissertation in technical sciences. M., 1965.



движущихся в главном направлении. Задержка значительно возрастает. На подходе к перекрестку с второстепенного направления начинает образовываться очередь транспортных средств, которая все же с точки зрения занимаемого пространства и периода времени ее существования не представляет серьезной проблемы.

- Уровень D – Большая часть водителей на подъезде к перекрестку с второстепенного направления вынуждена совершать относительно длительные остановки более одного раза. Некоторые транспортные средства испытывают большие задержки. Но, несмотря на большую протяженность, очереди все же становятся меньше, и ситуация остается стабильной.

- Уровень E – С второстепенного направления образуется очередь, которая при постоянной транспортной ситуации не в состоянии уменьшаться. Транспортные средства испытывают большие задержки.

Увеличение интенсивности с второстепенного направления может привести к образованию затора. Пропускная способность перекрестка (подхода к перекрестку) истощена.

- Уровень F – Интенсивность прибытия транспортных средств к подходу на нерегулируемом перекрестке в течение значительного времени превышает пропускную способность подхода. Образуется очень длинная и постоянно увеличивающаяся очередь транспортных средств. Значения задержек при этом очень велики. Ситуация может быть разрешена лишь при значительном снижении интенсивности прибытия транспортных средств. Перекресток считается перегруженным (перенасыщение потоков).

С учетом всех составляющих, включая оценку качества организации дорожного движения, в зарубежных руководствах процедура расчета состоит из нескольких этапов, представленных на рис. 1 [18].

Таблица 1

Уровни качества обслуживания и соответствующие значения задержек, используемые в Германии [15–16]

Table 1

Service quality levels and corresponding values of delays used in Germany [15–16]

Уровень обслуживания движения (LOS)	Средняя задержка, с
A	≤ 10
B	≤ 20
C	≤ 30
D	≤ 45
E	> 45
F	- 1)

Примечание. Уровень F имеет место лишь при уровне загрузки более 1.

Результаты исследования

В настоящем исследовании было произведено сравнение следующих методик расчета пропускной способности нерегулируемых пересечений:

1. ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог». (Разд. 6. Пропускная способность пересечений; 6.1 Пропускная способность пересечений в одном уровне);

2. Руководство HCM 2000 (CHAPTER 17 UNSIGNALIZED INTERSECTION) [19].

В результате сравнения было выявлено, что:

Методика ОДМ 218.2.020-2012 учитывает интенсивность главного потока, состав потока, наличие продольных уклонов, наличие/отсутствие канализирования движения, состав потока второстепенного направления.



Рис. 1. Последовательность расчета пропускной способности, задержек и длины очередей на нерегулируемых и кольцевых пересечениях
Fig. 1. Calculation sequence of road capacity, delays and queue length at uncontrolled intersections and roundabouts

Методика руководства HCM 2000 учитывает эффект импеданса – дополнительных помех, создаваемых дополнительными конфликтными точками, следующими за первой конфликтной точкой главного и второстепенного транспортных потоков, а также конфликтные точки, создаваемые пешеходами.

Результаты сравнительного анализа приведены ниже на рис. 2 и табл. 2 Сравнение выполнено на примере Т-образного перекрестка при отсутствии пешеходного движения.

По результатам сравнительного анализа можно сделать вывод, что методика ОДМ 218.020-2012 дает завышенные значения пропускной способности второстепенных направлений движения по сравнению с методикой HCM 2000, когда второстепенный поток проходит несколько конфликтных точек (в данном случае направление 5). Соответственно, возникают ошибки оценки длины очереди, которая должна быть учтена при расчете геометрических параметров перекрестка (длины участков накопления).

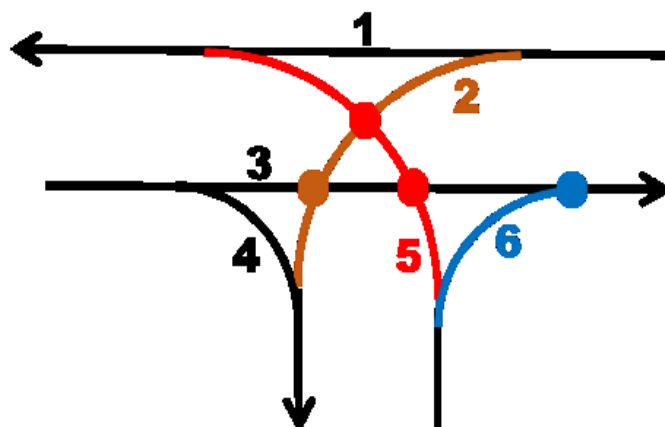


Рис. 2. Схема размещения конфликтных точек, рассматриваемых в методиках руководства HCM 2000 (направление 5 – поток 3 ранга, уступающий потокам 1 и 2)
Fig. 2. Location diagram of conflict points considered in the methodology of HCM 2000 manuals (direction 5 – 3^d rank flow inferior to the flows 1 and 2)

Таблица 2

Значения пропускной способности второстепенных направлений

Table 2

Capacity values of secondary roads

Интенсивность главного потока, авт/ч	Значения пропускной способности второстепенных направлений, авт/ч					
	Направление 2		Направление 5		Направление 6	
	HCM 2000	ОДМ 218.020-2012	HCM 2000	ОДМ 218.020-2012	HCM 2000	ОДМ 218.020-2012
100	1231	1428	731	1428	878	892
200	1095	1246	574	1246	792	846
300	973	1017	398	1017	714	804
400	865	907	230	907	644	758
500	768	835	67	835	579	693
600	682	794	исчерпана	794	521	641

Заключение

1. Выполнен сравнительный анализ методик расчета пропускной способности руководства ОДМ 218.2.020-2012 (Разд. 6.1 «Пропускная способность пересечений в одном уровне») и руководства HCM 2000.

2. Рассмотрены уровни качества обслуживания и соответствующие значения задержек, используемые в Германии.

3. Наиболее значимым отличием методики, представленной в ОДМ 218.2.020-

2012, от зарубежных методик является отсутствие в ней оценки качества организации дорожного движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях. Критерием оценки качества организации движения на нерегулируемых и кольцевых пересечениях является величина средней задержки транспортных средств на второстепенных направлениях движения, процедура расчета которой не рассмотрена в руководстве ОДМ 218.2.020-2012.



Библиографический список

1. Горбанев Р.В., Ваксман С.А., Глухарева Т.А. Проблемы загрузки сети магистральных улиц и дорог больших городов автомобильным транспортом: Проблемы больших городов. М.: ГОСИНТИ, 1979. Вып. № 21. 27 с.
2. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Высш. шк., 1989. 319 с.
3. Кременец Ю.А., Печерский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения. М.: Транспорт, 1981. 252 с.
4. Лобанов Е.М. Пропускная способность автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1970. 152 с.
5. Лобанов Е.М., Визгалов В.М. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1972. 232 с.
6. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. М.: Транспорт, 1990. 240 с.
7. Маркуц В.М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц (практические приложения). Ч. 1: Интенсивность и безопасность движения автомобилей, пропускная способность транспортных пересечений. Тюмень, 2008. 108 с.
8. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организация движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.
9. Brilon W. Roundabouts: A State of the Art in Germany. National Roundabout Conference (Vail, Colorado 22–25

- May 2005). Vail, Colorado. 2005. 16 p.
10. Brilon W., Koenig R., Troutbeck R.J. Useful Estimation Procedures for Critical Gaps / Proc. of the third international Symposium on Intersections Without Traffic Signals. Portland, Oregon, U.S.A. 1997. P. 71–87.
11. Brilon W., Vendhey M. Roundabouts – The State of the Art in Germany, ITE Journal, November 1998. P. 48–54.
12. Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections // Finnra Reports. 2004. 214 p.
13. Functional intersection area // Oregon department of transportation, 1996. 27 p.
14. Highway Design Guide. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.yorktraffic.com/hdg>
15. Cowan R. J. Adams' formula revised // *Traffic Engineering and Control*. 1984. Vol. 25. No. 5. P. 272–274.
16. Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000) // Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A. 2000. 1134 p.
17. Access Management [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.accessmanagement.info/10principles.html>
18. Kimber R.M., Marlow M., Hollis E.M. Flow/delay relationships for major/minor priority junctions // *Traffic Engineering and Control*. 1977. Vol. 18. No. 11. P. 516–519.
19. Luttinen R. T. Capacity at Unsignalized Intersections // TL Consulting Engineers Ltd., Lahti. 2003. 96 p.

References

1. Gorbanev R.V., Vaksman S.A., Gluhareva T.A. *Problemy zagruzki seti magistral'nyh ulic i dorog bol'shih gorodov avtomobil'nyim transportom: Problemy bol'shih gorodov* [Problems of big city road and street network loading with motor transport: Problems of big cities]. Moscow: GOSINITI Publ., 1979, no. 21, 27 p. (In Russian)
2. Gohman V.A., Vizgalov V.M., Polyakov M.P. *Peresecheniya i primykaniya avtomobil'nyh dorog* [Road intersections and junctions]. Moscow: Vysshaya Shkola, 1989, 319 p. (In Russian)
3. Kremenec Yu.A., Pecherskij M.P. *Tekhnicheskie sredstva regulirovaniya dorozhnogo dvizheniya* [Technical means of traffic control]. Moscow: Transport Publ., 1981, 252 p. (In Russian)
4. Lobanov E.M. *Propusknaya sposobnost' avtomobil'nyh dorog* [Highway capacity]. Moscow: Transport Publ., 1970, 152 p. (In Russian)
5. Lobanov E.M., Vizgalov V.M. *Proektirovanie i izyskaniya peresechenij avtomobil'nyh dorog* [Design and studies of road intersections]. Moscow: Transport Publ., 1972, 232 p. (In Russian)
6. Lobanov E.M. *Transportnaya planirovka gorodov* [Transport planning of cities]. Moscow: Transport Publ., 1990, 240 p. (In Russian)
7. Markuc V.M. *Transportnye potoki avtomobil'nyh dorog i gorodskih ulic* [Traffic flows on highways and city streets]. Tyumen', 2008, 108 p. (In Russian)

8. Sil'yanov V.V. *Teoriya transportnyh potokov v proektirovanii dorog i organizaciya dvizheniya* [Theory of traffic flows in road design and traffic management]. Moscow: Transport Publ., 1977, 303 p. (In Russian)
9. Brilon W. Roundabouts: A State of the Art in Germany. National Roundabout Conference (Vail, Colorado 22–25 May 2005). Vail, Colorado, 2005, 16 p.
10. Brilon W., Koenig R., Troutbeck R.J. Useful Estimation Procedures for Critical Gaps / Proc. of the third international Symposium on Intersections Without Traffic Signals. Portland, Oregon, U.S.A., 1997, pp. 71–87.
11. Brilon W., Vendhey M. Roundabouts – The State of the Art in Germany, ITE Journal, November 1998, pp. 48–54.
12. Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections. Finnra Reports. 2004, 214 p.
13. Functional intersection area // Oregon department of transportation, 1996, 27 p.
14. Highway Design Guide. [Electronic resource] Accessed: <http://www.yorktraffic.com/hdg>
15. Cowan R. J. Adams' formula revised. *Traffic Engineering and Control*. 1984, vol. 25, no. 5, pp. 272–274.
16. Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000). Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A., 2000, 1134 p.
17. Access Management [Electronic resource]. Ac-



cessed: <http://www.accessmanagement.info/10principles.html>

18. Kimber R.M., Marlow M., Hollis E.M. Flow/delay rela-

tionships for major/minor priority junctions // Traffic Engineering and Control, 1977, vol. 18, no. 11, pp. 516–519.

19. Luttinen R. T. Capacity at Unsignalized Intersections. TL Consulting Engineers Ltd., Lahti, 2003, 96 p.

Критерии авторства

Михайлов А.Ю., Попова Е.Л., Гайворонский И.Л. совместно подготовили рукопись и несут ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Mikhailov A.Yu., Popova E.L., Gaivoronskiy I.L. prepared the manuscript for publication and bear the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.