DOI: 10.15593/24111678/2016.03.02

УДК 656.11

А.А. Болотов, А.А. Минзуренко

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ШОССЕ КОСМОНАВТОВ И УЛИЦЫ СТОЛБОВОЙ В ГОРОДЕ ПЕРМИ

Развитие транспортно-дорожной сети в городе Перми идет большими темпами: строятся и реконструируются объездные дороги вокруг города, идет масштабная реконструкция центральных и периферийных улиц. Одним из самых важных вопросов остается проблема критических перекрестков, которые присутствуют в каждом районе города и требуют скорейшей реконструкции. Рассматриваемый в данной статье перекресток расположен в Дзержинском районе города Перми. На пересечении находятся улицы: шоссе Космонавтов, Столбовая, Овчинникова, Карпинского. В данный момент существующий перекресток является сильно загруженным, на нем постоянно возникают заторы и аварийные ситуации со всеми видами транспорта и пешеходами. Регулирование движения происходит с помощью светофорной сигнализации и направляющих островков. Пропускная способность перекрестка при такой организации движения уже не соответствует постоянно растущей интенсивности движения, и требуется его скорейшая реконструкция. Предложенный вариант кольцевого пересечения является наиболее оптимальным для решения этих проблем и в то же время самым экономически выгодным. При организации кольцевого движения демонтируются все светофоры и устанавливается такой приоритет проезда автомобилей, при котором главным является поток машин, движущихся по кольцу. В результате удастся добиться пропускной способности, которую можно сравнить с пересечением в разных уровнях. Кроме того, кольцевые пересечения являются наиболее безопасными, так как количество конфликтных точек на перекрестке сводится к минимуму.

Ключевые слова: пропускная способность, интенсивность, перекресток, критический перекресток, пересечение в одном уровне, кольцевое движение, организация движения, городское движение, транспорт.

A.A. Bolotov, A.A. Minzurenko

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

INCREASE IN CROSSING CAPACITY OF KOSMONAVTOV HIGHWAY AND STOLBOVAIA STREET IN THE PERM CITY

Development of a transport road network in the Perm city goes big rates: bypass roads around the city are constructed and reconstructed, there is a large-scale reconstruction central city streets and not only. However, one of the most important and problematic issues remain a question of critical intersections. Critical intersections are present at each district of the city and demand the fastest reconstruction. The intersection considered in article is located in Dzerzhinsky district of the Perm city. On crossing, there are streets: Kosmonavtov highway, Stolbovaia st., Ovchinnikov st., Karpinsky st. At present, the existing intersection is strongly loaded, at it constantly there are jams and emergencies with all means of transport and pedestrians. Regulation of the movement happens to the help of the traffic light

and the directing islands. Intersection capacity at such organization of the movement doesn't satisfy constantly growing intensity of the movement any more, therefore, the fastest reconstruction of crossing is required. The offered option of ring crossing is the most optimum for the solution of all these problems, and at the same time it is the most economic. At the organization of circular motion all traffic lights are dismantled, the priority of journey of cars is established – the main thing is the car traffic, which move on a ring. At such organization of the movement, it is possible to achieve such capacity, which can be leveled to crossings in different levels. Also ring crossings are the safest as the quantity of conflictual points at the intersection is minimized.

Keywords: capacity, intensity, the intersection, the critical intersection, crossing in one level, circular motion, the organization of the movement, the city movement, transport.

Пересечение шоссе Космонавтов и ул. Столбовой является одним из самых критических в Дзержинском районе г. Перми. Большая интенсивность автомобильного транспорта, наличие трамвайного движения, большое количество автобусных и троллейбусных маршрутов приводят данный перекресток к большому числу аварийных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий.

В административном отношении реконструируемое пересечение шоссе Космонавтов, улиц Столбовой, Карпинского, Овчинникова расположено в Дзержинском районе г. Перми. В настоящее время шоссе Космонавтов и ул. Столбовая являются магистральными улицами общегородского значения регулируемого движения. По шоссе проходят интенсивные потоки автомобильного транспорта всех видов, имеется троллейбусное движение, а также трамвайное – на примыкании ул. Столбовой.

Основной проблемой на данном пересечении являются левые повороты:

- 1) поворот с шоссе Космонавтов на ул. Столбовую (через трамвайные пути);
- 2) поворот с ул. Овчинникова на ул. Столбовую (через трамвайные пути);
- 3) поворот с ул. Столбовой на шоссе Космонавтов (через трамвайные пути).

Пересечение транспортных потоков с трамвайными путями приводит к большой аварийности и увеличивает риск возникновения ДТП (рис. 1, 2).

Улица Столбовая является двухполосной, с трамвайным движением посередине проезжей части. Трамвайное полотно непосредственно примыкает к покрытию проезжей части без каких-либо разделительных полос или ограждений, что тоже провоцирует создание аварийных ситуаций (рис. 3).

Рис. 1. Авария с участием трамвая при левом повороте с ул. Столбовой

Рис. 2. Авария с участием трамвая при левом повороте с ул. Столбовой

Рис. 3. ДТП на трамвайных путях

Схема организации движения на рассматриваемом пересечении (рис. 4) является очень трудной для понимания водителей, большое количество знаков и светофоров (около 30) приводит к путанице. В часы пик образуются большие заторы, состоящие не только из автомобильного, но и из общественного транспорта.

Данная схема организации движения на пересечении является неработоспособной и уже не может справляться с постоянно растущей интенсивностью движения (рис. 5). Необходима скорейшая реконструкция пересечения и прилегающих у нему улиц для увеличения пропускной способности и снижения аварийности.

Среди вариантов реконструкции было рассмотрено устройство саморегулируемого кольцевого пересечения [1–4].

Реконструкция перекрестка шоссе Космонавтов, улиц Столбовой, Овчинникова и Крисанова в кольцевое пересечение позволит решить следующие основные проблемы:

- 1) повысить пропускную способность;
- 2) снизить аварийность;
- 3) исключить левый поворот;
- 4) увеличить безопасность пешеходов;
- 5) отделить трамвайные пути от основных потоков автомобильного движения.

Кольцевые пересечения обладают большими возможностями [5–7], обеспечивая пропускную способность, по величине близкую к пропускной способности пересечений в разных уровнях. Вместе с тем стоимость их строительства во много раз меньше стоимости пересечений в разных уровнях. Благодаря этим качествам в ряде стран кольцевые пересечения в одном уровне получили весьма широкое распространение [8, 9], поскольку позволяют без значительных капиталовложений улучшить условия движения.

Для полноценной работы кольцевого пересечения требуемый диаметр центрального островка должен быть как можно больше [1, 3, 5, 10, 11]. Данная ситуация позволяет запроектировать центральный островок диаметром 66 м, с двумя полосами движения по кольцу [3]. Проектом предусматривается ширина проезжей части по шоссе Космонавтов до 11 м, ширина проезжей части по ул. Овчинникова – 7 м, ширина проезжей части по ул. Крисанова равна 6 м. Минимальные радиусы кривых составляют 15 м. Отдельно выносятся правоповорот-

Рис. 5. Данные о среднесуточной интенсивности за 2015 г.

ный съезд с шоссе Космонавтов на ул. Столбовую. Для разделения потоков предусмотрены островки безопасности.

Трамвайное движение [12] будет проходить через середину центрального разделительного островка, пересекая проезжую часть на участке между шоссе Космонавтов и ул. Крисанова и далее будет проходить по ул. Столбовой (рис. 6).

Рис. 6. Проектное предложение по реконструкции перекрестка

Основные геометрические параметры пересечения представлены в табл. 1, выбраны в соответствии с нормативно-справочной литературой [1, 3, 13, 14].

Таблица 1

Геометрические параметры пересечения

№ п/п	Наименование	Значение, м
1	Ширина полос движения по шоссе Космонавтов	$3,5 + 4,0 + 3,5 \times 2 + 4,0 + 3,5$
2	Ширина полос движения по ул. Крисанова	$3,0 \times 2$
3	Ширина полос движения по ул. Столбовой	$4,5 + 3,5 \times 2 + 4,5$
4	Ширина трамвайного полотна	$3,5 \times 2$
5	Ширина полос движения по кольцу	$5,5 \times 2$
6	Ширина полос движения по ул. Овчинникова	$3,5 \times 2$
7	Ширина отдельного правоповоротного съезда с шоссе Космонавтов на ул. Столбовую	5,0
8	Ширина въезда на кольцо по шоссе Космонавтов со стороны аэропорта	7,5
9	Ширина въезда на кольцо по шоссе Космонавтов со стороны Центрального рынка	11,0
10	Ширина выезда с кольца на ул. Столбовую	4,5
11	Ширина въезда на кольцо с ул. Столбовой	7,5
12	Ширина въезда и выезда на ул. Овчинникова	7,0
13	Ширина въезда и выезда на ул. Крисанова	4,5

Для повышения безопасности пешеходного движения через ул. Столбовую и трамвайные пути предусмотрен надземный пешеходный переход. Пешеходные переходы в разных уровнях с проезжей частью улицы или дороги следует устраивать:

– на скоростных дорогах и магистральных улицах непрерывного движения;

– улицах и дорогах с регулируемым движением при потоке пешеходов через проезжую часть более 3000 чел./ч и ее шириной 15 м и более;

– перекрестках улиц и дорог с нерегулируемым правоповоротным движением интенсивностью более 300 приведенных автомобилей в 1 ч;

– площадях и перекрестках с кольцевым саморегулируемым движением транспортных средств, если размеры конфликтующих пото-

ков транспорта и пешеходов требуют введения светофорного регулирования.

Для обоснования правильности выбранного типа пересечения был произведен расчет пропускной способности.

Пропускная способность рассчитывается на основе методических рекомендаций по оценке пропускной способности автомобильных дорог.

Пропускная способность кольцевого пересечения зависит от размера геометрических элементов плана пересечения, параметров транспортного потока и организации движения на въезде на кольцо [15].

Для одной и той же планировки кольцевого пересечения более высокая пропускная способность достигается при организации движения с преимущественным правом проезда по кольцу [15].

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение – максимальное число автомобилей, которое может въехать на пересечение за единицу времени при заданной интенсивности движения на кольце и наличии постоянной очереди автомобилей на въезде.

Для оценки пропускной способности кольцевых пересечений необходимы данные об интенсивности и составе движения, распределении потоков по направлениям в часы пик.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение зависит главным образом от числа полос движения на въезде, формы въезда, интенсивности движения на кольце, состава движения [2, 15].

Оценим пропускную способность кольцевого пересечения, по которому получены данные по интенсивности движения и распределению потоков по направлениям (рис. 7). Состав движения следующий: легковые автомобили – 53 %; грузовые автомобили малой грузоподъемности – 19 %, средней грузоподъемности – 12 %, большой грузоподъемности – 10 %; автобусы – 6 %. Диаметр центрального островка $D_{ц.о}$ равен 66 м.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение [2, 15] с учетом реальных дорожных условий (авт./ч) определяется по формулам

$$P_k = \frac{c}{k_c} (A - BN_k), \quad (1)$$

$$k_c = \sum_{i=1}^n m_i \lambda_i, \quad (2)$$

$$z = \frac{N_B}{P_B}, \quad (3)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий состав движения, $k_c = 0,65$; λ – коэффициент приведения i -го типа транспортного средства к легковому автомобилю для кольцевых пересечений (табл. 4); m_i – число (в долях единицы) транспортных средств разных типов, $m_i = 0,65$; n – число типов транспортных средств, $n = 0,65$; N_k – интенсивность движения на кольце легковых автомобилей в час, $N_k = 0,65$; А и Б – коэффициенты, характеризующие планировку въезда, зависящие от числа полос движения на подходе n_1 и на въезде n_2 (табл. 3); C – коэффициент, учитывающий влияние диаметра центрального островка $D_{ц.о}$ на пропускную способность въезда на кольцевое пересечение (табл. 2); z – коэффициент загрузки въезда.

Рис. 7. Часовая интенсивность движения на кольцевом пересечении

Таблица 2

Коэффициент, учитывающий влияние диаметра центрального островка

$D_{ц.о}, \text{ м}$	15–20	40–50	80	125	160	200
C	0,94	1	0,9	0,84	0,79	0,75

Таблица 3

Зависимость коэффициентов А и Б

n_1	n_2	N_k , легк. авт./ч	А	Б
1	1	≤ 2240	1500	0,67
2	2	≤ 5130	2630	1,04
1	2	≤ 1400	1800	0,45
1	2	> 1400	2630	1,01
1	3	≤ 1600	1800	0,31
1	3	≥ 1600	3200	1,18
2	3	≤ 1100	2900	0,91
2	3	> 1100	3200	0,18

Таблица 4

Коэффициент приведения λ к легковому автомобилю
для кольцевых пересечений с учетом типа автомобиля

№ п/п	Тип автомобиля	Коэффициент λ
1	Легковые	1,0
2	Грузовые малой грузоподъемности	1,4
3	Грузовые средней грузоподъемности	1,7
4	Грузовые большой грузоподъемности	2,3
5	Автобусы	2,9

Расчет начнем с определения коэффициента k_c для каждого типа въезда.

На шоссе Космонавтов, ул. Столбовой присутствует движение всех видов транспорта, следовательно:

$$k_c = 1 \cdot 0,53 + 1,4 \cdot 0,19 + 1,7 \cdot 0,12 + 2,3 \cdot 0,1 + 2,9 \cdot 0,06 = 1,3.$$

На улицах Крисанова и Овчинникова преобладает движение легкового автомобильного транспорта и обслуживающих грузовых машин, следовательно:

$$k_c = 1 \cdot 0,81 + 1,4 \cdot 0,19 = 1,07.$$

Полученные значения k_c заносим в табл. 5.

Таблица 5

Определение коэффициента загрузки въезда

Номер въезда	k_c	C	A	Б	N_k , легк. авт./ч	P_v , авт./ч	N_v , авт./ч	z
1	1,3	1	2630	1,04	462	1655	910	0,550169
2	1,3	1	1800	0,45	1187	974	536	0,55003
3	1,076	1	1500	0,67	1156	675	358	0,529647
4	1,3	1	2630	1,04	1004	1221	654	0,535897
5	1,076	1	1500	0,67	1314	576	130	0,224174

Оптимальный коэффициент загрузки въезда $z_{\text{опт}}$ равен 0,65. Для оценки пропускной способности кольцевого движения сравним полученные значения z_n (см. табл. 5) с $z_{\text{опт}}$:

$$z_1 = 0,55 < 0,65,$$

$$z_2 = 0,55 < 0,65,$$

$$z_3 = 0,52 < 0,65,$$

$$z_4 = 0,53 < 0,65,$$

$$z_5 = 0,22 < 0,65.$$

Из неравенств, представленных выше, можно сделать вывод, что пропускной способности кольцевого пересечения достаточно для бесперебойного движения транспортных потоков.

Таким образом, реконструкция пересечения шоссе Космонавтов и ул. Столбовой в саморегулируемое кольцевое пересечение позволит увеличить пропускную способность перекрестка, в том числе с учетом постоянно растущей интенсивности движения. Строительство надземного пешеходного перехода над ул. Столбовой позволит снизить аварийность, а также сохранить расчетные скорости на всем протяжении перекрестка.

Список литературы

1. Сильянов В.В., Каюмов Б.К. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1980. – 69 с.

2. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

3. Лебедев Б.М. Выбор геометрических элементов кольцевых пересечений в плане // Проектирование автомобильных дорог и безопасность движения: сб. науч. тр. МАДИ. – М., 1970. – Вып. 30. – С. 127–148.

4. Поздняков М.Н. Организация движения на кольцевых пересечениях: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. гос. строит. ун-та, 2010. – 132 с.

5. Кольцевые пересечения в одном уровне [Электронный ресурс]. – URL: http://studopedia.ru/10_95260_koltsevie-peresecheniya-v-odnom-urovne.html (дата обращения: 30.05.2016).

6. Проблемы проектирования кольцевых пересечений в одном уровне [Электронный ресурс] / Б.А. Щит, П.И. Пospelov, Г.А. Федотов, А.П. Шевяков // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012. – № 3. – URL: http://lib.madi.ru/nitdo/pdf/nitdo_2012_3.pdf (дата обращения: 30.05.2016).

7. Канализированные и кольцевые пересечения в одном уровне [Электронный ресурс]. – URL: <http://megalektsii.ru/s45638t3.html> (дата обращения: 30.05.2016).

8. Компактные кольцевые пересечения: возможности применения и особенности проектирования [Электронный ресурс]. – URL: http://transport.istu.edu/downloads/round_3.pdf (дата обращения: 30.05.2016).

9. Проектирование малых кольцевых пересечений на автомобильных дорогах [Электронный ресурс]. – URL: <http://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/12808/100.pdf?sequence=1> (дата обращения: 30.05.2016).

10. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с.

11. Методическое обеспечение автоматизированного проектирования кольцевых пересечений [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.cadgis.ru/2014/3/CADGIS-2014-2\(3\)-08.Pospelov-others\(Round-about-methodics\).pdf](http://www.cadgis.ru/2014/3/CADGIS-2014-2(3)-08.Pospelov-others(Round-about-methodics).pdf) (дата обращения: 30.05.2016).

12. Автомобильно-трамвайное кольцо [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vsp.ru/economic/2014/09/05/546397> (дата обращения: 30.05.2016).

13. Пропускная способность автомобильных дорог / В.В. Сильянов, Е.М. Лобанов, Ю.М. Ситников, Л.Н. Сапегин. – М.: Транспорт, 1972. – 152 с.

14. Гуревич Л.В., Рушевский П.В. Управление движением на улицах и дорогах. – М.: Транспорт, 1971. – 200 с.

15. Лебедев Б.М. Безопасность движения на кольцевых пересечениях в одном уровне // Режимы и безопасность движения в сложных дорожных условиях: сб. статей. – М., 1970. – Вып. 30. – С. 52–59.

References

1. Sil'ianov V.V., Kaiumov B.K. Metodicheskie ukazaniia po proektirovaniu kol'tsevykh peresechenii avtomobil'nykh dorog [Methodical instructions for designing circular intersection roads]. Moscow: Transport, 1980. 69 p.

2. Mikhailov A.Iu., Golovnykh I.M. Sovremennye tendentsii proektirovaniia i rekonstruktsii ulichno-dorozhnykh setei gorodov [Modern trends in the design and reconstruction of the street and road networks of cities]. Novosibirsk: Nauka, 2004. 267 p.

3. Lebedev B.M. Vybory geometricheskikh elementov kol'tsevykh peresechenii v plane [Selecting geometric elements of circular intersection in the plan]. *Proektirovanie avtomobil'nykh dorog i bezopasnost' dvizheniia*, 1970, vol. 30, pp. 127-148.

4. Pozdniakov M.N. Organizatsiia dvizheniia na kol'tsevykh peresecheniakh [Organization of traffic on circular intersection]. Rostov-na-Donu: Rostovskii gosudarstvennyi stroitel'nyi universitet, 2010. 132 p.

5. Kol'tsevye peresecheniia v odnom urovne [Circular intersection in one level], available at: http://studopedia.ru/10_95260_koltsevie-peresecheniia-v-odnom-urovne.html (accessed 30 May 2016).

6. Shchit B.A., Pospelov P.I., Fedotov G.A., Sheviakov A.P. Problemy proektirovaniia kol'tsevykh peresechenii v odnom urovne [Problems of designing circular intersection in one level]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*, 2012, no. 3, available at: http://lib.madi.ru/nitdo/pdf/nitdo_2012_3.pdf (accessed 30 May 2016).

7. Kanalizirovannye i kol'tsevye peresecheniia v odnom urovne [Channelized and circular intersection in one level], available at: <http://megalektsii.ru/s45638t3.html> (accessed 30 May 2016).

8. Kompaktnye kol'tsevye peresecheniia: vozmozhnosti primeneniia i osobennosti proektirovaniia [Compact circular intersection: the possibility

of use and design features], available at: http://transport.istu.edu/downloads/round_3.pdf (accessed 30 May 2016).

9. Proektirovanie mal'nykh kol'tsevykh peresechenii na avtomobil'nykh dorogakh [Designing small circular intersection on roads], available at: <http://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/12808/100.pdf?sequence=1> (accessed 30 May 2016).

10. Gokhman V.A., Vizgalov V.M., Poliakov M.P. Peresecheniia i primykaniia avtomobil'nykh dorog [Crossings and junctions of roads: second edition, revised and enlarged]. Moscow: Vysshaia shkola, 1989. 319 p.

11. Metodicheskoe obespechenie avtomatizirovannogo proektirovaniia kol'tsevykh peresechenii [Methodical maintenance of automatic designing on circular intersection], available at: [http://www.cadgis.ru/2014/3/CADGIS-2014-2\(3\)-08.Pospelov-others\(Round-about-methodics\).pdf](http://www.cadgis.ru/2014/3/CADGIS-2014-2(3)-08.Pospelov-others(Round-about-methodics).pdf) (accessed 30 May 2016).

12. Avtomobil'no-tramvainoe kol'tso [Automobile and tram ring], available at: <http://www.vsp.ru/economic/2014/09/05/546397> (accessed 30 May 2016).

13. Sil'ianov V.V., Lobanov E.M., Sitnikov Iu.M., Saepin L.N. Propusknaia sposobnost' avtomobil'nykh dorog [The capacity of roads]. Moscow: Transport, 1972. 152 p.

14. Gurevich L.V., Rushevskii P.V. Upravlenie dvizheniem na ulitsakh i dorogakh [Traffic control on the streets and roads]. Moscow: Transport, 1971. 200 p.

15. Lebedev B.M. Bezopasnost' dvizheniia na kol'tsevykh peresecheniiaakh v odnom urovne [Traffic safety on circular intersection in one level]. *Rezhimy i bezopasnost' dvizheniia v slozhnykh dorozhnykh usloviakh*, 1970, vol. 30, pp. 52-59.

Получено 13.09.2016

Об авторах

Болотов Андрей Алексеевич (Пермь, Россия) – студент, кафедра «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 19а, e-mail: magistrxx@yandex.ru).

Минзуренко Анастасия Андреевна (Пермь, Россия) – ассистент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный

исследовательский политехнический университет (614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 19а, e-mail: crushed-stone@yandex.ru).

About the authors

Andrei A. Bolotov (Perm, Russian Federation) – Student, Department of Motor Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (19a, Academician Korolev st., Perm, 614013, Russian Federation, e-mail: magistrxx@yandex.ru).

Anastasiia A. Minzurenko (Perm, Russian Federation) – Assistant, Department of Motor Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (19a, Academician Korolev st., Perm, 614013, Russian Federation, e-mail: crushed-stone@yandex.ru).