

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЁТОМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕКРЁСТКОВ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА

Транспортное обслуживание населения в больших городах по мере роста их территорий и количества транспортных средств становится важной градостроительной проблемой, требующей повышенного внимания и финансирования. Кроме этого данная проблема становится более социально значимой в связи с необходимостью улучшения организации труда и отдыха населения. По итогам статистики рост численности населения и транспортных средств в городах в процентном отношении превышает рост общей численности в странах мира. Кроме того 60-80% несчастных случаев, связанных с транспортными происшествиями, происходит в городах, причём 50-60% из них на перекрёстках.

Исследование динамики роста числа транспортных средств в городах показывает, что наблюдается не прямо-пропорциональная зависимость: рост транспортных средств превышает рост населения в городах.

В городе Челябинске проводятся работы по повышению пропускной способности и снижению дорожно-транспортных происшествий, но указанная выше проблема остаётся нерешённой.

В статье приведены результаты теоретического и эмпирического исследований некоторых регулируемых и нерегулируемых пересечений дорог одного уровня города Челябинска для определения их пропускной способности. Произведена оценка пересечений по уровню их загрузки, а также степень влияния вида пересечений по наличию или отсутствию регулирования на пропускную способность магистралей. При эмпирических исследованиях применялся метод, основанный на определении средней скорости проезда пересечения при прямом и лево-правоповоротном движениях путем измерения расстояния с учетом зон замедления (ускорения) и времени проезда. Установлены коэффициенты снижения пропускной способности. Предложено увеличивать пропускную способность пересечений, определяя оптимальный режим их регулирования.

Сделаны выводы о необходимости градостроительного переустройства перекрёстков, которые являются перегруженными и их пропускная способность исчерпана.

На основании исследований установлено, что наибольшее влияние на снижение пропускной способности оказывает движение автотранспорта с левым поворотом, а световое регулирование влияет незначительно.

Ключевые слова: скорость движения, перекрёсток, коэффициент снижения пропускной способности, автомобиль, световое регулирование.

TOWN-PLANNING RECONSTRUCTION OF AREAS TAKING INTO ACCOUNT THE ABILITIES OF SOME INTERSECTIONS OF THE CITY OF CHELYABINSK

Public transport services in big cities in the wake of rising of their territories and amount of vehicles is becoming an important city-planning problem requiring special attention and funding.

Besides, this problem is becoming more important for society because of necessity of improvement of work and rest management of the population.

According to statistics, in percentage correlation the growth in population and vehicles in cities exceeds the growth of their total number in the world.

Besides, according to statistics, 60-80% of accidents, which are connected with traffic crashes, take place in cities, with 50-60% of them are at the crossroads.

Research of dynamics of growth of vehicles number in cities shows that there is no directly proportional connection: the growth of vehicles exceeds the population growth in cities.

In Chelyabinsk works on improving of road capacity and reducing of traffic accidents are carrying out, but the problem referred to above remains unsolved.

The results of theoretical and empirical research of some controlled and uncontrolled intersections of the roads of the same level of Chelyabinsk are reported to determine the intersections' capacity. An estimate of intersections according to the level of congestion is made, and an estimate of degree of impact of intersections' types according to presence or absence of control on capacity of highway is also made. During the empirical research, the method based on determination of average speed for passage of intersection in the process of through or left- or right-turning traffic by way of Distance measurement taking into account speed-down (speed-up) area and passage time is applied. The coefficients of capacity reduction are fixed. It is proposed to increase the intersections' capacity determining an optimum regime of their control.

It is concluded that it is necessary to urban reconstruct intersections, which are crowded, and their capacity is exhausted.

According to our investigations, it is established that the left-turning traffic has the greatest impact on the reduction of road capacity, but street traffic control lights just slightly affects it.

Keywords: *speed, control lights, car, intersection, reducing the coefficient of capacity.*

Исследования по градостроительной реконструкции городских перекрестков выполнены с участием студентов Полушкиной Н. Л., Болиной А. А., Берневик С. Л., обучающихся в группе А-116 по подготовке магистров архитектуры архитектурного факультета.

Исследованы следующие перекрёстки:

- 1) ул. Кирова – Бр. Кашириных;
- 2) ул. Бейвеля – Краснопольская площадка;
- 3) ул. Бр. Кашириных – Косарева;
- 4) ул. Коммуны – 1-й Институтский;
- 5) ул. Бр. Кашириных – Молодогвардейцев;
- 6) ул. Коммуны – 2-го Институтского переулка.

Из вышеназванных перекрёстков 1, 3, 5 являются регулируемыми, а 2, 4, 6 – нерегулируемые.

Основная цель исследования – диагностировать пропускную способность и вычислить коэффициент её снижения в сравнении с движением между перекрёстками.

На перекрёстках пропускная способность снижается по нескольким причинам [1] вследствие снижения скорости движения автомобилей:

- снижение скорости на участке торможения перед перекрёстком;
- разгон на участке после проезда перекрёстка;

- снижение скорости при правых и левых поворотах;
- снижение скорости за счёт светофорного регулирования на регулируемых перекрёстках;
- снижение скорости на нерегулируемых перекрёстках в связи с требованиями правил дорожного регулирования о необходимости пропуска пешеходов и транспорта, движущего в прямом направлении и поперечного движения.

Для расчётов принята скорость движения между перекрёстками – 60 км/ч.

При теоретическом исследовании использовались следующие формулы [1, 2, 3, 6]:

$$N = 3600 v / \alpha, \quad (1)$$

$$\alpha = t_p v + (l_m'' - l_m') + l_0 + l_a \quad (2)$$

$$N = \frac{3600 v}{t_p v + \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{f_1 + \frac{Q_1}{Q} \pm i} - \frac{1}{f_k + \varphi \pm i} \right) + l_0 + l_a}, \quad (3)$$

$$N = \frac{3600 v}{v + 0,13v^2 + 7}, \quad (4)$$

где v – скорость движения.

Для многополосного проезда применялись следующие формулы вычисления пропускной способности:

$$N_M = N * \gamma * \alpha, \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{Z_n}{Z_n + \frac{v^2}{2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \Delta t * v}, \quad (6)$$

где $\Delta t = \frac{T_u - t_3}{2}$ – средняя задержка автомобиля перед светофором.

Вводилась геометрическая характеристика, названная «зона перекрёстка», которая включает следующие длины в направлениях движения транспорта:

- собственно размеры перекрёстка, определяющиеся шириной проезжих частей дорог;
- ширины пешеходных переходов;
- длины торможения перед пешеходными переходами с момента снижения скорости менее 60 км/ч;
- длина разгона после проезда пешеходного перехода до скорости, равной 60 км/ч.

Таким образом, путь, проходимый автомобилем, в каждом направлении, определяется суммированием вышеназванных размеров. Длина торможения и разгона не являются фиксированными величинами, т. к. зависят от стиля вождения автомобиля: плавный или резкий – разгон (торможение).

При эмпирическом исследовании измерялось время проезда зоны перекрёстка в каждом направлении: прямое движение, повороты направо и налево. По величинам размера зоны перекрёстка и времени проезда вычислялись средние скорости проезда в каждом направлении. При определении времени проезда зоны перекрёстка учитывалось время стоянки автомобиля для пропуска пешеходов на нерегулируемых перекрестках и время стоянки при запрещающем сигнале светофора.

Теоретически пропускная способность вычисляется по следующей формуле для каждой полосы движения одного направления [1, 4]:

$$P = 3600 v / \alpha, \quad (7)$$

где v – скорость движения, м/с;

α – длина «динамического габарита», включающего следующие размеры: длина автомобиля, путь, проходимый за время реакции водителя, тормозной путь, расстояние и безопасности между остановившимися автомобилями.

Для перекрестков, имеющих выделенные полосы для правого поворота, учитывалась их фактическая длина при определении размера зоны.

При вычислении пропускной способности перекрестков по формуле (7) длина динамического габарита вычислялась по формулам, приведенным в книге [1].

В соответствии с поставленной целью исследования решались следующие задачи:

- установить геометрические размеры зоны перекрестка, включая участки торможения и разгона;
- определить фактическое количество автомобилей, проходящих через перекресток;
- установить среднюю скорость автомобиля на отдельных участках длины зоны, включая участки разгона и торможения;
- определить среднюю скорость движения на протяжении всей зоны.

На основании вышеперечисленных данных определились пропускная способность и понижающий коэффициент проезда перекрестка. Данный коэффициент вычисляется по формуле

$$P = v / v_{пр}, \quad (8)$$

где $v=60$ км/ч – разрешённая скорость движения между перекрёстками;

v – средняя скорость проезда зоны перекрёстка.

Степень использования перекрестков по пропускной способности вычислялась по формуле:

$$Z = N_{\phi} / N_{\pi} \quad (9)$$

где N_{ϕ} – фактическая интенсивность движения;

N_{π} – пропускная способность, вычисленная с учётом рекомендаций [2] и [3].

Выполненные исследования показали, что регулирование движения с применение светофоров практически не влияет на величину пропускной способности перекрестков. Известно, что такое регулирование влияет на количество дорожно-транспортных происшествий и их тяжесть. В связи с этим возникнет задача повышения пропускной способности на основе определения оптимальных режимов работы светофоров. Теоретически это возможно путём использования формул (1...9).

Задачей оптимизации является анализ влияния длительности свечения красно-зелёного и жёлтого сигналов светофора на величину пропускной способности. Для решения этой задачи надо представить в формуле (3) пропускную способность как функцию от аргумента Δt (6). И используя метод отыскания экстремальных значений функций, найти оптимальную величину $\Delta t_{\text{оп}}$.

Результаты вычислений приведены в таблице 1. Пояснения к таблице даны в приложении 1.

Таблица 1

№ п/п	Название перекрёстка	Наличие светофора	Уровень загрузки, Z^*	Понижающий коэффициент, П	
				по направлениям *	общий
1	ул. Кирова – Бр. Кашириных	Регул.	0,61	а) 0,33 б) 0,26 в) 0,44	0,34
2	ул. Бойвеля – Краснопольская площадка	-	0,54	-	-
3	ул. Бр. Кашириных – Косарева	Регул.	1,21	а) 0,32 б) 0,25 в) 0,38	0,31
4	ул. Коммуны – 1-й Институтский	-	0,12	а) 0,31 б) 0,27 в) 0,41	0,33
5	ул. Бр. Кашириных – Молодогвардейцев	Регул.	1,82	а) 0,32 б) 0,26 в) 0,45	0,34
6	ул. Коммуны – 2-й Институтский переулок	-	0,11	-	-

Приложение 1

- 1) а) – движение прямо – 1;
б) – движение налево – 2;
в) – движение направо – 3;
- 2) время движения – дневное.
- 3) предельный уровень загрузки – 0,8.

Заключение

1. Некоторые из исследованных перекрестков, имеющих уровень загрузки более 0,8, являются перегруженными, то есть их пропускная способность исчерпана. Следует ожидать, что в часы «пик» перегрузка будет увеличиваться.

2. Исследование влияния градостроительной структуры перекрестков на пропускную способность показало следующие:

- одноуровневые пересечения существенно снижают пропускную способность независимо от наличия и регулирования;
- наименьшее значение имеет коэффициент для левых поворотов;
- для правых поворотов коэффициент увеличивается, имеет большее значение, чем для движения прямо.

3. Вероятно, следует ожидать, что пропускная способность регулируемых перекрестков зависит от режима работы светофоров (длительность световых сигналов), так как это влияет на количество торможения и разгона в зоне перекрестка.

4. Предложено повысить пропускную способность путём разработки оптимальных режимов светового регулирования на основе математического анализа функций с экстремальными значениями и определения оптимальных значений аргумента, в качестве которого принимается время ожидания разрешающего сигнала светофора. Предложен также экспериментальный способ определения оптимального режима светового регулирования путём задания различной длительности свечения сигналов светофора и фиксирования величины пропускной способности на конкретных перекрестках.

Задача оптимизации светового регулирования транспортного движения на перекрестках имеет большое значение, т. к. именно перекрестки определяют пропускную способность всей транспортной системы. Поскольку основным ограничением пропускной способности перекрестка являются левые повороты, то предлагается градостроительную реконструкцию перекрестка производить с применением канализированных или с частично двухуровневым пересечением.

Такое пересечение устраивается так, чтобы разъединить транспорт, поворачивающий налево, от транспорта, движущегося навстречу прямо.

Важность градостроительной реконструкции перекрестков состоит в том, что исчерпание пропускной способности связано с социально-экономическими проблемами сокращения времени перемещения людей и грузов.

Возможно, что существует «оптимальный режим», соответствующий максимальной пропускной способности. Можно также предположить, что «оптимальный режим» зависит от параметров автомобильного движения: интенсивности, состава и др.

Оптимальный режим регулирования следует установить тремя методами:

- экспериментально на конкретных перекрестках в различное время суток;
- моделирование на компьютере по специально разработанным программам;
- теоретически на основе анализа существующих формул расчета пропускной способности с последующей корректировкой этих формул с применением методов математического анализа.

Литература

1. Дубровин Е. Н. Пересечения на разных уровнях на городских магистралях / Е. Н. Дубровин, Ю. С. Ланцберг, И. М. Лялин, Э. Я. Турчихин, В. Л. Шафран. – М.: Стройиздат, 1968. – 277 с.
2. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городских и сельских поселений / ЦНИИП Градостроительства. – М, 1994. – 88 с.
3. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 56 с.
4. Лобанов, Е. М. Пропускная способность автомобильных дорог / Е. М. Лобанов и др. – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.
5. Лобанов, Е. М. Транспортная планировка городов : учеб. для студентов вузов / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
6. СНиП 2.07.01-89.* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских территорий / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, Госстрой СССР, 1989. – 56 с.

References

1. Dubrovin E.N. Peresechenija na raznyh urovnjah na gorodskih magistraljah / E.N. Dubrovin, JU.S. Lancberg, I.M. Ljalin, JE.JA. Turchihin, V.L. SHafran. – M.: Strojizdat, 1968. – 277 s.
2. Rekomendacii po proektirovaniju ulic i dorog gorodskih i sel'skih poselenij / CNIIP Gradostroitel'stva. – M.: 1994. – 88 s.
3. SNiP 2.05.02-85. Avtomobil'nye dorogi / Gosstroj SSSR. – M.: CITP Gosstroja SSSR, 1989. – 56 s.
4. Lobanov E.M. Propusknaja sposobnost' avtomobil'nyh dorog / E.M. Lobanov i dr. – M.: Transport, 1970. – 152 s.
5. Lobanov E.M. Transportnaja planirovka gorodov: uchebn. dlja studentov vuzov/ E.M. Lobanov. – M.: Transport, 1990. – 240 s.
6. SNiP 2.07.01-89.* Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih territorij/ Gosstroj SSSR. – M.: CITP, Gosstroj SSSR, 1989. – 56 s.

Ивашенко Ю. А.,

доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. E-mail: ivashenkoya@susu.ru

Ivashenko Y.A.

doctor of science (build), professor, South Ural State University, s. Chelyabinsk. E-mail: ivashenkoya@susu.ru

Поступила в редакцию 24.03.2016