

УДК 711.7

## МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЕСТКОВ

*Ю.А. Ивашенко*

Предлагается метод теоретического вычисления пропускной способности перекрестков с учетом особенностей движения для левых и правых поворотов при различных погодных условиях.

Ключевые слова: пропускная способность, перекресток, левый и правый повороты.

При проектировании транспортной инфраструктуры в городах и населенных пунктах используется понятие «пропускная способность» с размерностью – авт/час. Сущность этого понятия состоит в том, что это – максимально возможная интенсивность движения в определенных условиях. Эти условия могут увеличивать или уменьшать пропускную способность.

Задачей транспортной инфраструктуры является обеспечение перемещения грузов и людей за минимально короткое время с высокой безопасностью.

Для определения пропускной способности существуют два метода (теоретический и эмпирический).

Суть теоретического метода выражается следующей формулой [1, 2]:

$$P = \frac{S}{l_a + l_p + l_T + l_3},$$

где  $S$  – путь, проходимый автомобилем за 1 час;

$l_a$  – длина автомобиля, м;

$l_p = V \cdot t_p$  – путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя, м;

$V$  – скорость движения, м/сек;

$t_p$  – время реакции водителя, сек;

$l_T = \frac{V^2}{2g \cdot (\varphi \pm i)}$  – тормозной путь;

$g = 9,81$  м/сек<sup>2</sup> – ускорение силы тяжести;

$\varphi$  – коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием в зависимости от его состояния (сухой, влажный, обледенелый);

$l_3$  – запас дистанции между машинами, гарантирующий от столкновения, м.

Для тормозного пути имеется уточненная формула, учитывающая коэффициент сопротивления качению колеса по покрытиям –  $j$  и коэффициенты эффективности торможения заднего и переднего автомобилей –  $K_3, K_{п}$ :

$$l_T = \frac{(K_3 - K_{II})}{2g \cdot (\varphi + j \pm i)}.$$

Суть эмпирического метода выражается формулой [3]:

$$P_{сез} = \psi \alpha_{II} \overline{V_0} q_{max},$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий движение по встречной полосе;

$\alpha_{II}$  – коэффициент, зависящий от дорожных и метеорологических условий;

$\overline{V_0}$  – средняя скорость одиночного автомобиля, км/час;

$q_{max}$  – максимальная плотность автомобильного потока, авт/км.

Для городских дорог пропускная способность зависит от особенностей проезда перекрестков. Эти особенности снижают пропускную способность, что также зависит от планировки перекрестка и способа регулирования движения. В связи с этим учитываются следующие параметры [1]:

- расстояние между перекрестками;
- ускорение автомобиля;
- замедление автомобиля;
- средняя продолжительность задержки перед светофором (регулируемый перекресток);
- продолжительность задержки при отсутствии регулирования;
- продолжительность красной и желтой фаз светофора.

Выше приведенные формулы применимы для прямолинейных полос движения. При наличии полос движения для левых и правых поворотов возникают новые особенности:

- закругления определенного радиуса, включая состояние покрытия в зависимости от метеорологических условий для перекрестков одного и более уровней;
- влияние пешеходного движения на нерегулируемых перекрестках одного уровня.

В статье ниже автором предлагается метод учета этих особенностей.

Для вычисления пропускной способности перекрестков применяются выше приведенные формулы, в которые вводятся следующие понижающие коэффициенты:

$\gamma_1 = \gamma_{нов}$  – учет снижения скорости автомобиля на поворотах (левые и правые) вследствие возникновения опасности появления «заноса» автомобиля в результате снижения поперечного сцепления шины с покрытием как на пересечениях одного уровня и многоуровневых;

$\gamma_2 = \gamma_{new}$  – учет снижения скорости и остановки, связанные с движением пешеходов на нерегулируемых перекрестках;

$\gamma_3 = \gamma_{non}$  – учет снижения скорости и остановки вследствие наличия поперечного движения на нерегулируемых перекрестках.

Теоретическое вычисление коэффициента  $\gamma_1$  основывается на следующих положениях.

При поворотах (левых и правых) возникает поперечная (центробежная) сила, вычисляемая по формуле:

$$Y = \frac{mV^2}{R} \pm mg \cdot i,$$

где  $m$  – масса автомобиля;

$V$  и  $g$  – скорость и ускорение (см. выше);

$R$  – радиус поворота;

$i$  – поперечный уклон покрытия.

Коэффициент поперечного сцепления колеса с покрытием с учетом влияния скорости движения по данным экспериментальных исследований [3] равен  $\varphi_{non} = (0,5 \div 0,85) \cdot \varphi$ .

Влияние скорости движения на коэффициент продольного сцепления определяется по экспериментальным данным, в которых установлено (в пределах скоростей 20 ÷ 120 км/час) для разных покрытий следующая зависимость, близкая к линейной:

$$\varphi = \varphi_{20} - a \cdot V = 0,8 - 0,008 \cdot V.$$

Влияние состояния покрытия по данным [3] приведено в таблице ниже.

Таблица

Влияние состояния покрытия

Состояние	Сухое	Мокрое	Уплотненный снег	Гололед
$\varphi_{20}$	0,80	0,60	0,20	0,10

Теоретически коэффициент поперечного сцепления может быть определен как отношение поперечной силы к нормальной силе  $G = mg$ :

$$\varphi_{non} = \frac{Y}{G} = \frac{V^2}{gR} \pm i.$$

По выше приведенным формулам можно вычислить скорость движения автомобиля на поворотах по данным о величинах коэффициента поперечного сцепления. Полагаю, что для обеспечения безопасности необходимо уменьшать величину необходимо уменьшать величину коэффициента  $\varphi_{non}$  или ограничивать скорость движения на поворотах, вводя дополнительный

коэффициент  $K_{без}$ . Поскольку оценку максимальных скоростей принято принимать с доверительной вероятностью 0,95, то величина коэффициента  $K_{без} = 0,5 \div 0,75$ .

Сравнивая скорость движения на поворотах со скоростью прямолинейного движения можно вычислить коэффициент  $\gamma_1$  для различных погодных условий и значения  $R, i$  и соответственно пропускную способность.

Для теоретического вычисления коэффициентов  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$  недостаточно теоретической базы и экспериментальных исследований.

#### Выводы

1. Пропускная способность перекрестков одного уровня и многоуровневых ниже, тем на прямолинейных участках и может быть вычислена с некоторой вероятностью по предполагаемой методике.

2. Необходимо накапливать экспериментальные данные о влиянии пешеходного движения и поперечного транспорта на пропускную способность перекрестков с учетом погодных условий, что позволит более точно прогнозировать при разработке транспортной инфраструктуры городов и населенных пунктов.

#### Библиографический список

1. Дубровин, Е.Н. Пересечения в разных уровнях на городских магистралях / Е.Н. Дубровин, Ю.С. Ланцберг, И.М. Лялин, Э.Я. Тургихин, В.Л. Шафран. – М.: Стройиздат, 1968.

2. Страментов, А.Е. Городское движение / А.Е. Страментов, М.С. Фишельсон. – М.: Стройиздат, 1965.

3. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, Б.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др.; Под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1989.

[К содержанию](#)