

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА СЛОЖНЫХ УЧАСТКАХ ДВУХПОЛОСНЫХ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Актуальность исследований по моделированию движения транспортных потоков на двухполосных дорогах, обусловлена их протяженностью, которая в существующей дорожной сети Украины составляет 148.1 тыс. км или 89.3 %, а многополосных всего 2.6 тыс. км или 1.6 %; однополосных дорог V категории 15.1 тыс. км или 9.1 %.

На сложных участках двухполосных дорог общего пользования, к которым относятся участки с затяжными подъемами и разметкой на три полосы, необходимо моделировать движение автомобилей с целью повышения точности расчетов скорости, как основного показателя проектного решения. Моделирование транспортных потоков на двухполосных дорогах и на участках с тремя полосами движения выполняется в соответствии с методами теории исследования операций, в частности, марковскими процессами с дискретными состояниями системы (автомобилями) и непрерывным пространством (дорога).

Согласно основному нормативному документу [3] п.5.1.22 дополнительные полосы проезжей части на подъем следует предусматривать на участках дорог II, III категорий при среднем продольном уклоне от 30 ‰ до 40 ‰ и длине участка свыше 1 км и при средних уклонах более 40 ‰ - при длине участка свыше 0,5 км.

Таким образом, на затяжных подъемах с достаточно большими продольными уклонами обычно устраивают дополнительные полосы движения для обеспечения, прежде всего, возможности не снижать скорости движения вследствие возникновения заторов при движении на подъем.

Согласно методологии теории исследования операций [1] исследуемый автомобиль типа v , в любой точке дороги с основной (1) и дополнительной (2) полосой движения в одном направлении – это некая система S , и типичные дискретные состояния S_1 , S_2 , S_3 и S_4 в которых может находиться система S , определены следующим образом:

S_1 – движение с желаемой скоростью (скоростью свободного движения) по полосе 1, когда до впереди идущего автомобиля дистанция достаточная, чтобы не снижать скорость ниже желаемого значения v ;

S_2 – движение по полосе 1 со скоростью $u < v$, то есть меньше желаемой, когда автомобиль типа v догнал впереди идущий автомобиль и водитель вынужден снизить скорость из-за невозможности встроиться в соседний левый ряд на полосе 2 для обгона;

S_3 – движение автомобиля типа v по полосе 2 с желаемой скоростью (скоростью свободного движения) как при обгоне так и после него, когда до впереди идущего автомобиля на полосе 2 дистанция достаточная, чтобы не снижать скорость ниже желаемого значения v ,

S_4 – движение по полосе 2 со скоростью $u < v$, то есть меньше желаемой, когда автомобиль типа v догнал впереди идущий автомобиль и водитель вынужден снизить скорость из-за невозможности встроиться в соседний правый ряд на полосе 1 для обгона.

Все переходы в реальном потоке происходят с понижением или повышением скорости с ускорениями (замедлениями) примерно до $2-3 \text{ м/с}^2$ (служебные ускорения и замедления), но не более $\varphi \cdot g \text{ м/с}^2$ (экстренные ускорения и замедления $\varphi \cdot g$ применяются в опасной дорожно-транспортной ситуации, φ – коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием, $g = 9.8 \text{ м/с}^2$) [2]. С повышением скорости выполняются и обгоны «с ожиданием»; обгоны «с ходу» - практически без снижения скорости. В нашей модели принято, что исследуемый автомобиль выполняет любой обгон в среднем со скоростью свободного движения.

Принятые допущения позволили составить систему дифференциальных уравнений Колмогорова для вероятностей p_1, p_2, p_3, p_4 состояний S_1, S_2, S_3, S_4 любого автомобиля в потоке

$$\begin{cases} p_1' = -\lambda_{12} p_1 - \lambda_{13} p_1 + \lambda_{31} p_3 + \lambda_{41} p_4 \\ p_2' = -\lambda_{23} p_2 + \lambda_{12} p_1 \\ p_3' = -\lambda_{31} p_3 + \lambda_{13} p_1 + \lambda_{23} p_2 - \lambda_{34} p_4 \\ p_4' = -\lambda_{41} p_4 + \lambda_{34} p_3 \end{cases} \quad (1)$$

Представленная система позволяет математически описать любой режим движения транспортного потока на сложных участках двухполосных дорог с устройством третьей полосы движения.

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: «Советское радио», 1972, 532 с.
2. Калужский Я.А., В.В. Филиппов. Применение методов теории массового обслуживания для исследования движения автомобильных потоков //Автомобильные дороги. - 1964. - № 12. - С. 4-5.
3. Споруди транспорту, Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4-2007. —[Чинний від 2008-03-01]. — К.: Мінрегіонбуд України— 91 с. — (Державні будівельні норми України).