

Алсеитов М.Т., Краснова Е.В.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ГОРНОЙ ДОРОГЕ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ**

*Alseitova M.T., Krasnova E.V.*

**MODELLING OF MOVEMENT OF CARS ON MOUNTAIN ROAD FOR  
DEFINITION OF FACTOR OF SAFETY**

УДК: 656.13-047.58:625.711.812

*Рассмотрена вероятная модель движения транспортного потока по автомобильной дороге с двухсторонним движением при движении автомобилей в один ряд по каждому из направлений. В результате моделирования определено время движения каждого автомобиля на моделируемом участке и в колонне, а так же время активного обгона.*

*The probable model of movement of a transport stream on a highway with bilateral movement at movement of cars in one number on each of directions is considered. As a result of modelling time of movement of each car for a modelled site and in a column, and as time of active overtaking is defined.*

Из многочисленных факторов, влияющих на безопасность движения автомобилей, существенное значение имеют геометрические элементы автомобильной дороги, интенсивность транспортного потока, организационно-технические мероприятия, техническое состояние автомобиля, квалификация водителя, условия эксплуатации. Путем анализа дорожно-транспортных происшествий могут быть установлены опасные дорожные условия, при которых ситуация прилегающей местности и обстановка на проезжей части некоторого участка дороги допускают движение автомобилей только с ограниченной скоростью. Однако, дорожные условия на предшествующих им участках не ограничиваются скоростью движения автомобиля. Часто возникает аварийная обстановка при въезде автомобиля на опасный дорожный участок из-за резкого перепада между фактической и допустимой скоростями движения. В данной ситуации критерием безопасности движения транспортного средства может быть коэффициент безопасности.

$$\hat{E}_a = \frac{V}{V_{\dot{a}\dot{o}}}, \quad (1)$$

где  $V$  – допустимая скорость движения автомобиля по опасному участку дороги;

$V_{\dot{a}\dot{o}}$  – скорость развиваемая на предыдущем участке.

В результате обследования [1] большого количества дорог установлено, что участки дорог с отношением скоростей  $K_\delta=0,8\div 1$  считаются безопасными, при  $K_\delta=0,6\div 0,8$  – сравнительно малоопасными, при  $K_\delta=0,4\div 0,6$  – опасными, а при  $K_\delta=0,4$  – очень опасными. Коэффициент безопасности определяется по вычисленным значениям скоростей движения автомобиля на заданных участках автомобильных дорог. Моделирование движения автомобиля осуществляется по конкретному продольному профилю автомобильной дороги. Скорость движения автомобиля будет вычисляться последовательно на каждом из элементов продольного профиля дорожного полотна.

В основу алгоритма положены расчетные формулы скорости. На участках с постоянным подъёмом:

$$V_S = \sqrt{((V_i^2 - K_1)le^{-\mu S} + K_1 + K_2 S)}, \quad (2)$$

На участках с постоянным уклоном

$$V_S = \sqrt{(V_i^2 - K_0)le^{-\mu S} + K_0}, \quad (3)$$

$$K_1 = K_0 - \frac{K_2}{\mu}, \quad (4)$$

$$K_0 = \frac{1}{a}(a - f \pm t), \quad (5)$$

$$K_2 = \pm \frac{1}{R_a}, \quad (6)$$

$$\mu = \frac{2q\hat{a}}{\delta}, \quad (7)$$

где  $V_n$  – скорость в начале каждого элемента, км/ч;

$S$  – расстояние от начала элемента до точки, в которой определяется скорость, м;

$f$  – коэффициент сопротивления качению колес автомобиля;

$i$  – уклон в начале элемента продольного профиля % (на подъемах со знаком плюс, на спусках – минус);

$R$  – радиус закруглений на постоянных подъёмах, м (на выпуклых со знаком плюс, на вогнутых – минус);

$q$  – ускорение свободного падения, м/сек<sup>2</sup>;

$a, b$  – коэффициенты, полученные в результате математической обработки кривых рашающего момента двигателя по внешней скоростной характеристике;

$\delta$  – коэффициент учета влияния вращающихся масс автомобиля.

Скорость движения с учетом ее ограничения по требованиям безопасности определяется из условий устойчивости против опрокидывания, видимости в продольном профиле и плане автомобильной дороги. По приведенным зависимостям для моделирования движения автомобиля по конкретному продольному профилю можно выявить количество мест перепадов скорости, а затем разработать рекомендации по реконструкции опасных участков, что повысит безопасность движения на горных дорогах. Однако, коэффициент безопасности дает положительный результат для оценки дорожных ситуаций на автомобильных дорогах низких категорий. На дорогах высоких категорий значительный процент ДТП – это результат неправильной оценки водителем дорожной обстановки при маневре обгона на участке с интенсивным автомобильным движением. В этом случае необходимо переходить от моделирования движения одиночного автомобиля к более сложному процессу, то есть взаимодействию его с транспортным потоком. Эффективный результат дает использование ЭВМ и вероятностных моделей дорожной обстановки для моделирования движения автомобиля в транспортном потоке. С его помощью решаются задачи, связанные с организацией и управлением транспортных потоков, определению количества обгонов, суммарного времени движения автомобиля в колонне и т.п. от решения которых зависит безопасное движение автомобиля на горных трассах.

Рассмотрим вероятную модель движения транспортного потока по автомобильной дороге с двухсторонним движением при движении автомобилей в один ряд по каждому из направлений. Дорожную ситуацию можно описать с помощью вероятностной характеристики транспортного потока, например гистограммы или нормального закона распределения скоростей  $V$ , движущихся в потоке автомобилей и показательного закона распределения интервалов (свободного места между автомобилями). Параметры нормаль-

ного закона распределения находятся статистической обработкой экспериментальных данных. Для распределения интервалов описываемых показательным законом распределения параметр  $\lambda$  вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{I}{3600}, \quad (8)$$

где  $I$  – интенсивность движения потока авт/ч.

Согласно принятой расчетной модели все автомобили, находящиеся на участке моделирования протяженностью  $L \geq 15$  км, разделены на активные и пассивные. К активным принадлежат автомобили, совершающие обгон или собирающиеся его выполнить, а к пассивным те автомобили, которые в данный момент обгоняют активные автомобили. После обгона каждый автомобиль изменяет свою скорость до некоторого постоянного значения и продолжает движение с этой скоростью пока не приблизится на допустимую дистанцию до идущего перед ним в том же ряду другого автомобиля.

Перед совершением обгона, водитель должен убедиться в том, что за время обгона ему не будет препятствовать встречный автомобиль и впереди обгоняемого автомобиля для него будет свободное место. Если оба эти условия не выполняются, то водитель вынужден снизить скорость до скорости пассивного автомобиля, идущего впереди и от обгона отказывается до более благоприятного момента. Весь моделируемый участок делится на отрезок длиной 30 м. (рис.1). При этом для каждого отрезка в памяти ЭВМ фиксируется: место автомобилей внутри интервала, скорость общего времени движения, число обгонов и другие параметры. Местоположение каждого автомобиля моделируется через интервал  $\Delta t = 0,5с$ , интервал безопасности принимает равным 30 м. Безопасный обгон может быть выполнен автомобилем 4(рис. 1) лишь при выполнении двух условий.

Свободный интервал между двумя идущими автомобилями

$$y \geq 60м;$$

$$Z \geq \frac{V_4 + V_1}{V_4 - V_3}, \quad (9)$$

где  $V$  – скорость, м/с.

Полученные значения на моделируемом участке дороги методом Монте – Карло для заданной интенсивности  $I$ , интервалов свободного места  $Z$  между автомобилями, распределенными по показательному Закону, - основа моделирующего алгоритма. Аналогично

методом Монте – Карло случайным образом моделируют по нормальному Закону, значения скорости движения автомобилей на главном направлении. При этом, для встречных

автомобилей, с целью упрощения моделей, скорость движения принимаем постоянной на всем участке моделирования.

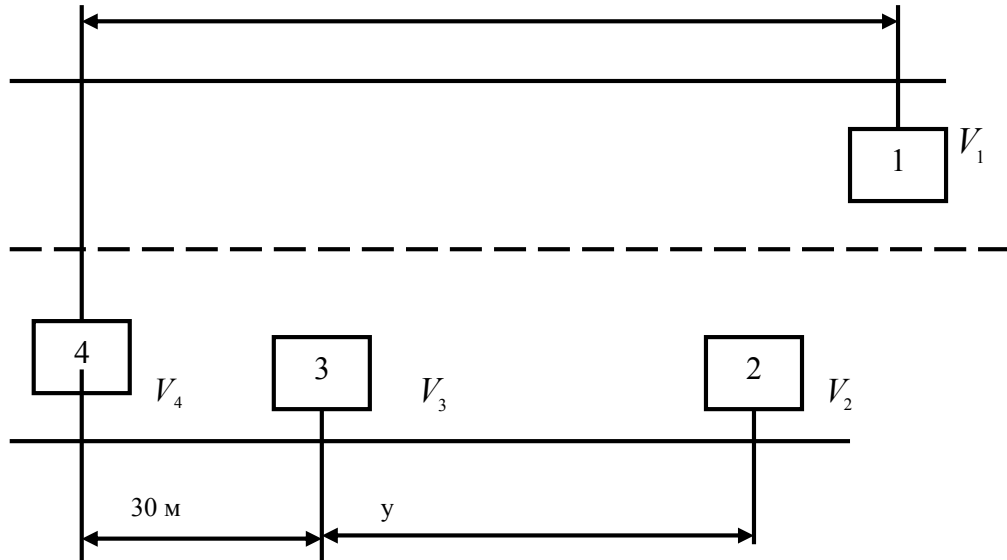


Рис. 1. Ситуация при обгоне на двухполосной дороге: 1,2,3,4 – автомобили.

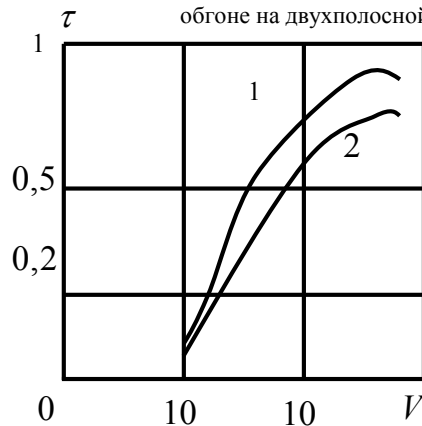


Рис 2. График изменения отношения времени движения автомобиля в колонне к общему времени в зависимости от скорости:

1 –  $I_{np} = 250$  авт/ч;  $I_{вст} = 150$  авт/ч; 2 –  $I_{np} = 250$  авт/ч;  $I_{вст} = 100$  авт/ч;

В результате моделирования определяется время движения каждого автомобиля на моделируемом участке в колонне, а также время активного обгона. На рис.2 показаны результаты моделирования, выраженные в относительных значениях времени  $\tau$  движения автомобиля в колонне к общему времени в зависимости от скорости движения. Скорость встречного движения автомобилей в данном случае принимаем  $I_{вст} = 18$  м/с.

### Литература

1. Бабков В.Ф. дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие для вузов.-3-е изд. перераб. и доп.-М.: Транспорт, 1982.-288с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.:Наука.1973.-399с.
3. Кисляков В.М. и др. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобиля. М.: Транспорт. 1979.-199с.
4. Нифедов А.Ф. Расчет режима движения автомобилей на вычислительных машинах. Киев. Издательство «Техника».-1970.-169с.

Рецензент: д.тех.н., профессор Пахомов П.И.