

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

**УДК 004.93'12**

**М.Е. Корягин, В.В. Поздняков, А.В. Протодьяконов**

### **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СМЕНЫ ПОЛОСЫ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Маневры автомобилей по смене полосы движения являются рядовыми событиями, которые постоянно совершаются транспортными средствами. Для получения достоверных выходных данных важно, чтобы система моделирования дорожного движения могла учитывать эти события.

Рассмотрим две полосы. Пусть  $v_1$  - скорость движения автомобиля по первой полосе (своя полоса, впередиущий автомобиль), а  $v_2$  - по второй ( $v_1 > v_2$ ), расстояние до перекрестка  $S$  (локальная перспектива). Тогда автомобиль с момента начала перестройки на вторую полосу имеет возможность двигаться со средней скоростью  $v_2$  и в итоге может «догнать» автомобиль, находящийся на полосе 2. Выигрыш по времени составит:

$$\delta t = \frac{s}{v_2 - v_1}$$

Для упрощения принимаем текущий момент времени и скорость на первой полосе равными 0. Пусть  $i-1$  индекс автомобиля движущегося впереди данного,  $i$  индекс данного автомобиля и автомобиля движущегося по второй полосе сзади. Тогда  $\tau$  - время необходимое для перестройки автомобиля с первой полосы на вторую (зависит от типа автомобиля и навыков водителя),

$l$  – длина данного автомобиля,

$a_1$  – ускорение данного автомобиля,

$a_2$  – замедление (торможения) автомобиля, движущегося по второй полосе,

$x_{1,i}(t)$  – местоположения данного автомобиля в момент времени  $t$ ,

$x_{2,i}(t)$  – местоположения следующего автомобиля на второй полосе в момент времени  $t$ ,

$v_{1,i} = v_{1,i-1}$  – скорость на первой полосе,

$v_{2,i-1}$  – скорость на второй полосе,

$v_{2,i}$  – скорость следующего автомобиля на второй полосе (в начальный момент времени),

$t_0$  – время реакции и срабатывания тормозных механизмов следующего автомобиля (движущегося по второй полосе).

Происходит следующий процесс. Автомобиль с первой полосы начинает перестраиваться (при этом считаем, что скорость при перестроении ос-

тается прежней  $v_1$  иначе существует опасность столкнуться с автомобилем из первой полосы). Второй автомобиль в худшем случае в этот момент наблюдает за этим маневром и начинается процесс торможения (с задержкой  $t_0$ ).

Скорость данного автомобиля

$$v_{1,i}(t) = a_1(t - \tau)$$

Скорость следующего автомобиля

$$v_{2,i}(t) = v_{2,i} - a_2(t - t_0)$$

Тогда максимальное сближение автомобилей будет в момент когда скорости совпадут

$$a_1(t - \tau) = v_{2,i} - a_2(t - t_0)$$

Поэтому время наибольшего сближения

$$T = \frac{v_{2,i} + a_1\tau + a_2 t_0}{a_1 + a_2}$$

Уравнение движения данного автомобиля

$$x_{1,i}(t) = x_{1,i}(0) + \frac{a_1(t - \tau)^2}{2}$$

Уравнение движения следующего автомобиля

$$x_{2,i}(t) = x_{2,i}(0) + v_{2,i}t - \frac{a_2(t - t_0)^2}{2}$$

Чтобы столкновение не произошло, необходимо чтобы

$$x_{2,i}(T) \leq x_{1,i}(T) - l$$

Рассчитаем время, имеющееся у автомобиля для выполнения маневра смены полосы.

Для этого решаем уравнение

$$x_{2,i}(T(\tau_{\max})) = x_{1,i}(T(\tau_{\max})) - l$$

т.е. квадратное уравнение относительно  $\tau$

$$\begin{aligned} x_{2,i}(0) + v_{2,i} \frac{v_{2,i} + a_1\tau + a_2 t_0}{a_1 + a_2} - \\ - \frac{a_2 \left( \frac{v_{2,i} + a_1\tau + a_2 t_0}{a_1 + a_2} - t_0 \right)^2}{2} = \\ = x_{1,i}(0) + \frac{a_1 \left( \frac{v_{2,i} + a_1\tau + a_2 t_0}{a_1 + a_2} - \tau \right)^2}{2} - l \end{aligned}$$

Предположим, что стоимость времени  $\gamma$ , а

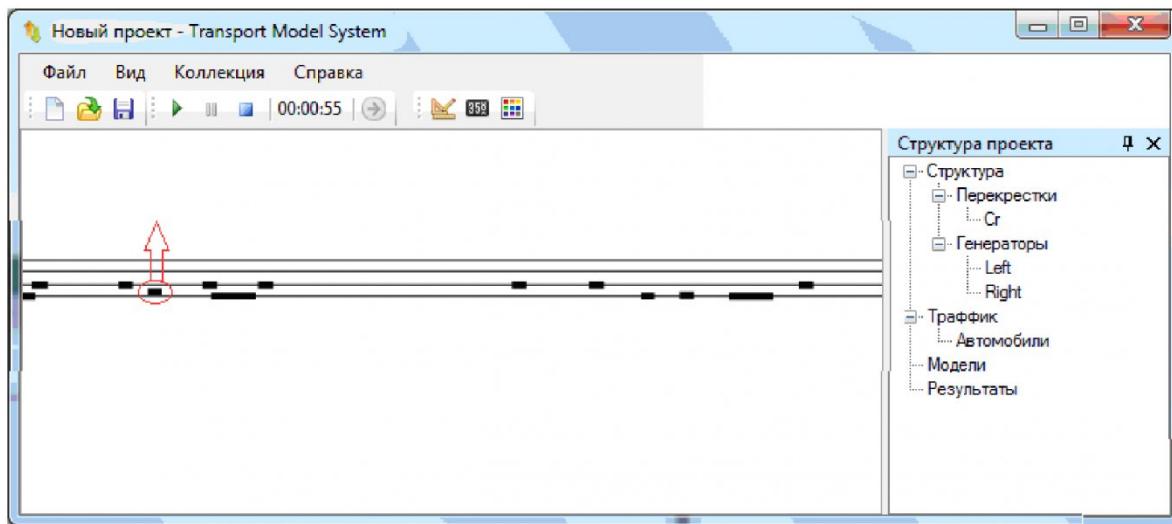


Рис. 1. Результат работы модели.

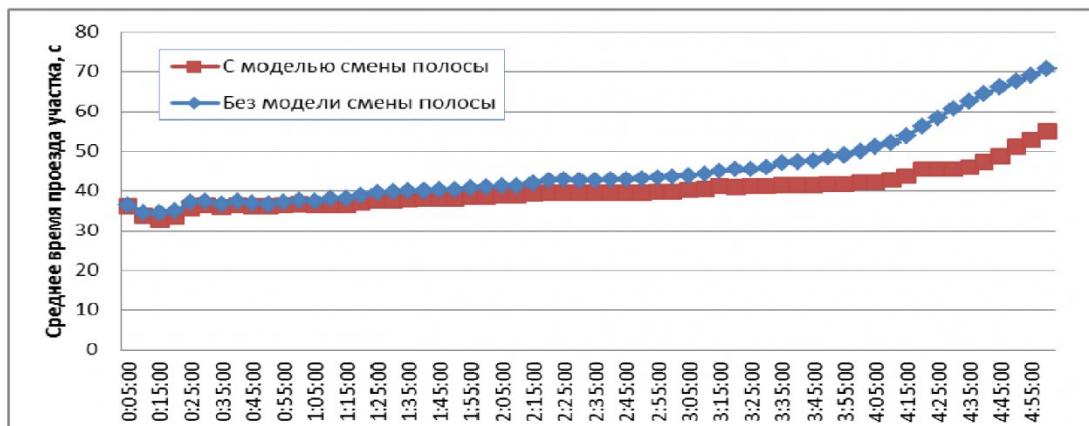


Рис. 2. Среднее время проезда перекрестка.

стресс от перестроения  $\alpha \exp\{-\beta(\tau_{max} - \tau)\}$ , где  $\beta$  не зависит от водителя и автомобиля.

Тогда эффект от перестройки

$$\begin{aligned} F &= \gamma \delta t - \alpha \exp\{-\beta(\tau_{max} - \tau)\} \\ &= \gamma \frac{s}{v_2 - v_1} - \alpha \exp\{-\beta(\tau_{max} - \tau)\} \end{aligned}$$

(при  $F>0$  происходит перестройка).

На основании изложенных выше формул разработана модель смены полосы. При моделировании использованы значения  $\alpha=120$ ,  $\beta=3$ ,  $\tau=2$ , полученные экспериментальным путем.

На рис.1 черными прямоугольниками изображены движущиеся слева направо автомобили. Черными линиями обозначены полосы движения. Две верхние полосы принадлежат встречному

движению. Автомобиль, выделенный овалом, находится в процессе смены полосы (из-за автобуса, двигающегося впереди него).

Для проверки модели смены полосы произведен вычислительный эксперимент. На двухполосном участке дороги длиной 300 м создан транспортный поток из легковых и грузовых автомобилей в соотношении 19:1 с нарастающей линейно интенсивностью с 250 до 1000 авт./п. в течении 5 модельных часов. Оценивалось среднее время проезда участка.

Выводы:

- использование автомобилями маневра смены полосы позволяет сократить время проезда,
- при увеличении интенсивности движения увеличивается выигрыш времени от выполнения маневра смены полосы.

#### □ Авторы статьи:

Корягин

Марк Евгеньевич,

канд.техн.наук, доц. каф. автомобильных перевозок КузГТУ . Email:

[markkoryagin@yandex.ru](mailto:markkoryagin@yandex.ru)

Протодьяконов

Андрей Владимирович,

канд.техн.наук, доц. каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ.  
Email [protod@inbox.ru](mailto:protod@inbox.ru)

Поздняков

Владислав Витальевич,

аспирант КузГТУ

Email [hackward@gmail.com](mailto:hackward@gmail.com)