

УДК 656.052.8

С.А. Осташевський, доцент, канд. техн. наук, докторант

*Национальная академия государственной пограничной службы Украины
29000, г. Хмельницкий, ул. Шевченко, 46
astash73@mail.ru*

В.П. Полищук, профессор, д-р техн. наук

*Национальный транспортный университет
01010, г. Киев-10, ул. Суворова, 1
V_Polishchuk@mail.ru*

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА» В РЕЖИМЕ «СЛЕЖЕНИЯ» ЗА ЗАДАННЫМ КУРСОМ

Представлена модель восприятия водителем параметров движения автомобиля, как инструмент получения исходных данных для формирования текущей информации о положении объекта управления, органов управления, а также внешних воздействиях.

***Ключевые слова:** система «водитель-автомобиль-дорога», параметры движения автомобиля, кривизна маршрута, управляемость автомобиля.*

Анализ последних исследований и публикаций. На дорогах существует сложная динамическая система, включающая в себя совокупность элементов человек, автомобиль, дорога, функционирующих в определенной среде, [1]. Эти элементы единой дорожно-транспортной системы находятся в определенных отношениях и связях друг с другом и образуют целостность. Они формируют факторы риска, которые могут привести к ДТП. В соответствии с [2] 57 % ДТП главная причина - ошибка человека; в 27 % случаев причиной ДТП является проблема взаимодействия человека и дороги; в 6 % случаев причиной ДТП является проблема взаимодействия человека и автомобиля; в 3 % случаев причиной ДТП является проблема многостороннего взаимодействия человека, автомобиля и дороги. С целью снижения влияния факторов аварийности, прежде всего, необходим детальный анализ восприятия водителем параметров движения автомобиля.

Постановка задачи. При взаимодействии человека с автомобилем, как со сложной динамической системой, как правило, наличие обратных связей не всегда достаточно для обеспечения стойкости управления [3]. Запаздывание, инерция системы, скрытые нелинейности и т.д. не могут соответствующим образом учитываться при выборе параметров обратной связи. Недостаточность априорной информации об их фактических значениях приводит к тому, что эффективная при определенных условиях, обратная связь не может быть реализована. Именно в таких условиях, наиболее эффективным становится регулирование, при котором регулятор (водитель) использует свойство приспособленности (адаптации) к постоянно меняющимся характеристикам дороги (внешней среды), и самого объекта управления. Такое приспособление достигается через обучение, формируемое путём моделирования системы «водитель-автомобиль-дорога» (В-А-Д) в различных режимах её работы.

Результаты исследования. В замкнутой системе регулирования «водитель-автомобиль-дорога» (В-А-Д) дорога должна быть понятна водителю и представлять необходимую информацию для формирования информационной модели (ИМ). Движение автомобиля рассматривается в неподвижной $X - Y$ и подвижной $x - y$ системах координат.

В системе координат $x - y$ (рисунок 1, 2) движение автомобиля описывается уравнениями продольного и поперечного движений (1), (2).

$$x = x_0 + \int_0^T u \cdot \cos \varphi \cdot dt ; \quad (1)$$

$$y = y_0 + \int_0^T u \cdot \sin \varphi \cdot dt , \quad (2)$$

где u - поступательная скорость движения.

Изменение координат движения автомобиля на отрезке $dS = S_1 - S_2$ (рисунок 3) определяется из выражений (3) – (5).

$$d\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \int_{S_1}^{S_2} K(t) \cdot dS, \tag{3}$$

$$dx = x_1 - x_2 = \int_{S_1}^{S_2} \cos \varphi \cdot dS, \tag{4}$$

$$dy = y_1 - y_2 = \int_{S_1}^{S_2} \sin \varphi \cdot dS, \tag{5}$$

где $K(t)$ – кривизна маршрута.

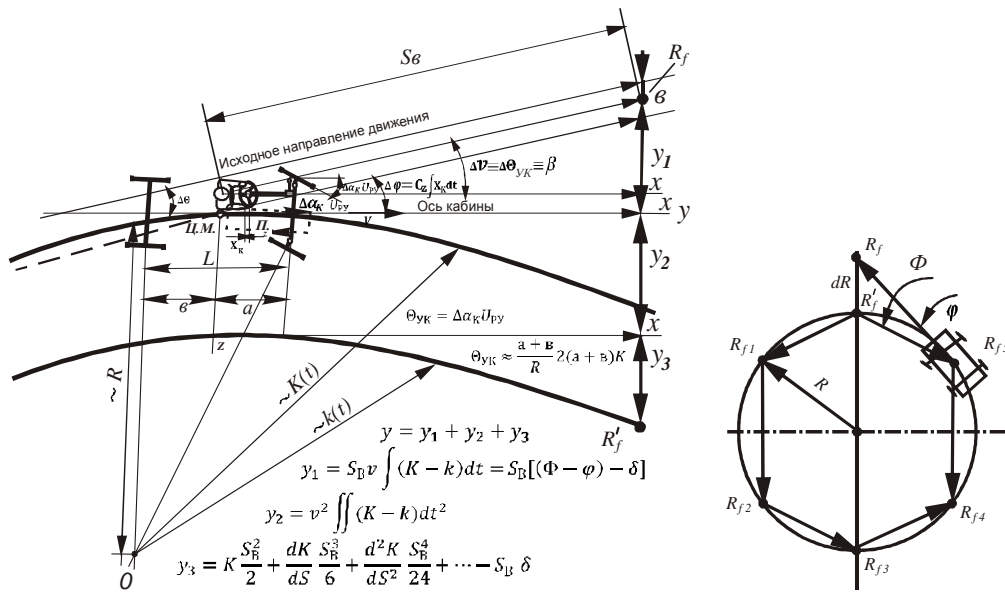


Рисунок 1 – Структура системы управления автомобилем

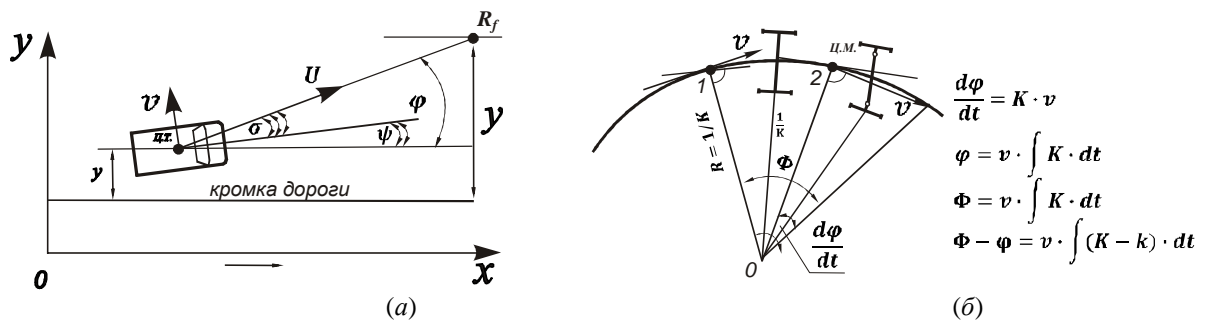


Рисунок 2 – Схема управляемого движения автомобиля (а) и зависимости между углом направления движения, скоростью движения и кривизной маршрута (б)

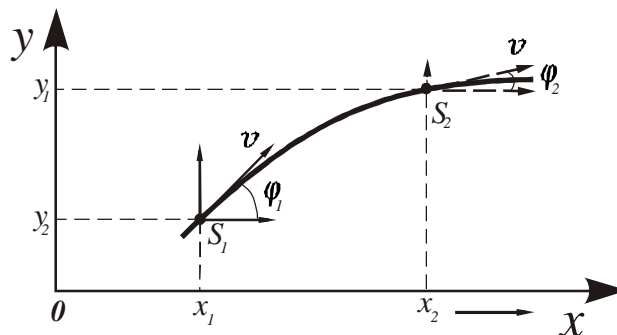


Рисунок 3 – Зависимость между угловым Φ и боковым Y отклонениями автомобиля от маршрута движения

Как видно, изменение положения автомобиля на маршруте кривизной $K(t)$ может быть воспринято водителем через изменение угловой Φ и линейной координат x, y .

Вследствие инерционности восприятия параметров движения x, y, Φ принята, в качестве осведомительной информации на «выходе» системы В-А-Д, угловая скорость поворота автомобиля $\bar{\omega}_j$. Зависимость между кривизной траектории движения машины $k(t)$ и $\bar{\omega}_j$ имеет вид (6).

$$\bar{\omega}_j = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{u}{R} = u \cdot k(t). \quad (6)$$

Соответственно, связь между углом направления движения Φ и кривизной маршрута $K(t)$ определится по зависимости (7).

$$\Phi = u \cdot \int_0^T K(t) \cdot dt. \quad (7)$$

Ошибка выдерживания заданного направления движения ε_Φ определится по зависимости (8).

$$\varepsilon_\Phi = \Phi(t) - \varphi(t) = u \cdot \int_0^T [K(t) - k(t)] \cdot dt, \quad (8)$$

где $\Phi(t), \varphi(t)$ - заданное и реальное направления движения машины;

$K(t), k(t)$ - соответственно кривизна дороги заданная – как заданный маршрут и кривизна траектории – «следы» движения, разность $\varepsilon(t)_k = K(t) - k(t)$ воспринимается в системе посредством обратной связи (рисунок 4).

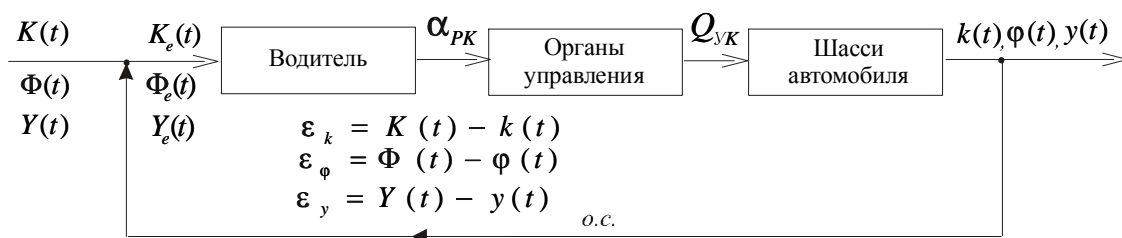


Рисунок 4 – Представление в системе В-А-Д при работе в замкнутом контуре регулирования с обратной связью (о.с.)

Через отрезок пути S и время t ошибки $\varepsilon_\Phi, \varepsilon_y$ будут равны:

$$d\varepsilon_\Phi = [\Phi(t) - \varphi(t)] \cdot dS = d\Phi \cdot dS; \quad (9)$$

$$\varepsilon_\Phi = u \cdot \int_0^T d\Phi \cdot dS; \quad (10)$$

$$\varepsilon_y = u^2 \cdot \int_0^T \int_0^T dK(t) \cdot dt \cdot dt. \quad (11)$$

Величины $d\varepsilon_\Phi, \varepsilon_y$ определяются в системе водителем посредством обратной связи.

Таким образом, составляющие y_1 и y_2 расстояния y точки R_f от заданного маршрута кривизной $K(t)$ равны:

$$y_1 = \varepsilon_\varphi \cdot S_B = u \cdot S_B \int_0^T dK(t) \cdot dt ; \quad (12)$$

$$y_2 = \varepsilon_y \cdot S_B = u \cdot S_B \int_0^T \int_0^T dK(t) \cdot dt \cdot dt . \quad (13)$$

Расстояние y_3 (рисунок 1) определяется с заданной точностью составляющими ряда Маклорена [4] для случая явных двух переменных $K(t)$ и S_B которые, в свою очередь, являются функциями времени:

$$T = \frac{S_B}{u} , \quad (14)$$

где T – время, величина которого зависит от степени влияния эффекта «подстораживания» водителем изменения кривизны маршрута движения.

Разложим значение y_3 в ряд Маклорена [4]:

$$y_3 = \frac{S_B}{2!} \cdot K(t) + \frac{S_B}{3!u} \cdot K(t) + \dots - S_B \cdot \delta , \quad (15)$$

где $S_B \cdot \delta$ – остаток ряда Маклорена.

Как видно, водитель как регулятор заданного маршрута $K(t)$ и направления движения $\Phi(t)$ действует в функции величины отклонения референтной точки R_f и ошибок углового и бокового отклонений от заданного маршрута (т.е. в функции ошибок, как в теории автоматического управления, где принят метод «сервомеханизмов» [5,6]).

Центробежное ускорение автомобиля на месте водителя воспринимается им в качестве осведомительной информации о характере движения машины и определяется величиной линейного и углового ускорений [7]. При этом:

$$\bar{j}_y(t) = \bar{j}_{vy}(t) + \bar{j}_\omega(t) = \frac{dv_y}{dt} + u_0 \cdot \frac{d\omega_y}{dy} , \quad (16)$$

$$v_y = \int_0^T \bar{j}_y(t) dt = \int_0^T \left[\frac{dv_y}{dt} + u_0 \cdot \frac{d\omega_y}{dy} \right] \cdot dt = v(t) + u \cdot \Phi(t) . \quad (17)$$

Разделив последнее выражение на поступательную скорость u , получим выражение, характеризующее курсовой угол Φ с учетом угла направления движения φ и угла увода колес:

$$\Phi = \varphi + \delta . \quad (18)$$

Вывод. Таким образом, восприятие водителем бокового перемещения производится на основе измерения скорости линейного и углового перемещений местных предметов в поле зрения. На основе этого явления производится экстраполирование положения автомобиля на дороге через отрезок времени T .

Библиографический список использованной литературы

1. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навчальний посібник / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
2. Пугачёв И.Н. Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
3. Основи теорії систем і управління: підручник / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля [та ін.] – К.: Знання України, 2005. – 344 с.
4. Chicamori Sinao, Toshio Eton. The response of Man-car System Against Disturbance. – 1972. – No. 4. – P. 106–113.

5. Попов Е.П. Автоматическое регулирование и управление / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1966. – 388 с.

6. Маккол Л. Основы теории сервомеханизмов / Леруа А. Маккол; [перевод с англ. И. Мандельштама]. – М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1947. – 160 с.

7. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

Поступила в редакцию 19.06.2013 г.

Осташевський С.А., Поліщук В.П. Модель системи «водій-автомобіль-дорога» в режимі «слідування» заданим курсом

Представлена модель сприйняття водієм параметрів руху автомобіля, як інструмент отримання вихідних даних для формування поточної інформації про положення об'єкта управління, органів управління, а також зовнішніх збудженнях.

Ключові слова: система «водій-автомобіль-дорога», параметри руху автомобіля, кривизна маршруту, керуваність автомобіля.

Ostashevskiy S.A., Polishchuk V.P. Model of system "driver-car-road" in a mode of "tracking" the set course

The model of perception by the driver of parameters of movement of the car, as the tool of reception of initial data for formation of the current information on position of object of management, controls, and also external influences is presented.

Keywords: system the "driver-car-road", parameters of movement of the car, curvature of a route, controllability of the car.