

УДК 656.052.8

*С. А. ОСТАШЕВСКИЙ, кандидат технических наук, доцент, докторант Национальной академии Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого (г. Хмельницкий)*

## **ЭКЗОСКЕЛЕТАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ “ВХОДОВ” В СИСТЕМУ “ВОДИТЕЛЬ– АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА”**

*В статье предложено системное представление экзоскелетальной модели управления автомобилем как основы обеспечения безошибочного следования водителем заданным (безопасным) курсом движения, понимая в основе этого управление водителем своим туловищем, доведенным до габаритов транспортного средства. Раскрывается содержание информационных “входов” в систему “водитель–автомобиль–дорога”.*

**Ключевые слова:** *управляемость автомобиля, вождение машины, система “водитель–автомобиль–дорога”.*

**Постановка проблемы в общем виде.** Уточнение понятий управляемости и вождения машин, разработки современных подходов к изучению процессов управления автомобилем продолжает оставаться актуальным вопросом, требующим комплексного подхода с учётом существующих на сегодня достижений в области проектирования и эксплуатации современных автомобилей. Отсутствие четких определений, как минимум, не наилучшим образом способствует решению задач по совершенствованию подготовки водителей и повышению их мастерства [1].

**Анализ последних разработок.** Последние исследования и разработки в области совершенствования подготовки водителей [2–4], с одной стороны, и статистика аварийности [5], с другой, подтверждают существование факта сложности адаптации человека к безопасному управлению машиной.

Идея экзоскелетального представления управления транспортным средством рассматривается как один из способов симбиоза системы “водитель–автомобиль–дорога” (В–А–Д) путём моделирования процессов, происходящих в ней.

**Целью статьи** является системное представление экзоскелетальной модели управления автомобилем как основы обеспечения безошибочного следования водителем заданным (безопасным) курсом движения, понимая в основе этого управление водителем своим туловищем, доведенным до габаритов транспортного средства. С учётом того, что выбор безопасного маршрута водителем зависит от правильно воспринятой и верно истолкованной информации [6], необходимо раскрыть содержание информационных “входов” в систему “водитель–автомобиль–дорога”.

**Результаты исследования.** Системное представление вождения машины, представленное в [1], рассматривается как задача управления скоростью и направлением движения машины с учетом геометрии дороги, дорожного окружения, параметров машины для выполнения транспортной работы. В этом смысле задача вождения сравнима с задачами слежения в системах “человек–машина” (летчики, операторы наведения РЛС, рулевые), где важны человеческие и машинные характеристики и их гармоничный симбиоз.

Управляя автомобилем, водитель смотрит на дорогу и принимает решение на необходимый маневр. Поворот рулевого колеса – “вход” в систему “автомобиль–дорога” (А–Д), преобразуется в поворот управляемых колес. Боковые реакции со стороны дороги  $P_{oi}$  через промежуток времени, называемый временем реакции автомобиля, –  $ВР_a$  изменяют положение автомобиля на дороге, определяемое угловой  $\varphi$  и боковой  $u$  координатами (рис. 1). “Выход” системы В–А–Д через обратную связь (о. с.) обеспечивает водителя информацией о правильности управляющего действия.

Водитель получает информацию о выходах системы из нескольких источников: местности – элементов дорожной геометрии, местных предметов и их перемещений в пространстве; автомобиля – информация об

угловом перемещении, усилия на рулевом колесе, реакции на управление; ощущений скорости движения, ускорений, вибраций, шума; величин угловых и боковых рассогласований ( $\Phi - \varphi, Y - y$ ), а также заданной  $K(t)$  и реальной  $k(t)$  кривизны траектории движения.

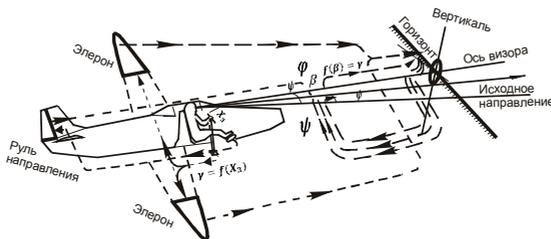
При наличии рассогласования (рис. 2) водитель вносит коррективы для того, чтобы свести ошибку  $\varepsilon$  к нулю. Таким образом, водитель действует в функции ошибок.

$$H_B = f(\varepsilon_i),$$

где  $\varepsilon_i = K(t) - k(t), \Phi(t) - \varphi(t), Y(t) - y(t)$ .

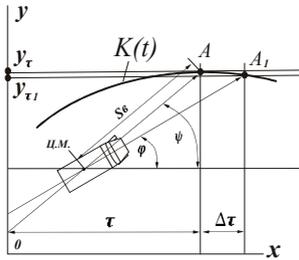
В этом смысле модель водителя может быть описана методами, принятыми в теории сервомеханизмов [7]. На качество работы водителя влияют объективные и субъективные факторы. К объективным факторам относятся: время реакции  $BP_a, BP_b$ , динамическая чувствительность на управление, тип поворачиваемости автомобиля; кривизна и степень изменения кривизны дороги; антропометрические данные, внимание, черты характера, мотивация, физические качества, обученность водителя. К субъективным факторам относятся: понимание заданного маршрута движения, восприятие своего перемещения по маршруту, различий в маршруте и траектории движения, восприятие степени исправления ошибок движения.

Знание влияния этих факторов на функционирование системы В-А-Д необходимо, чтобы понять поведение водителя за рулем, в том числе и при обучении вождению машины.

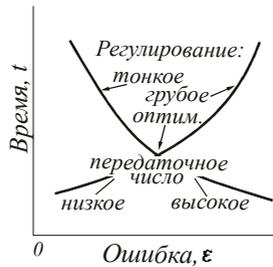


a

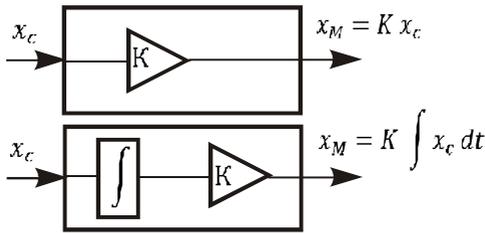




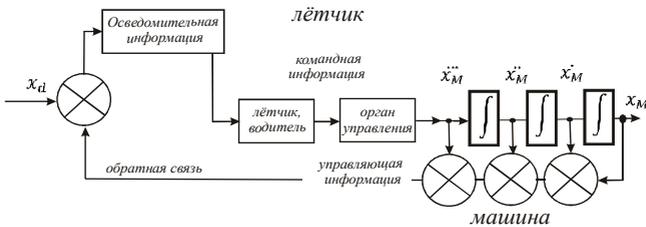
3



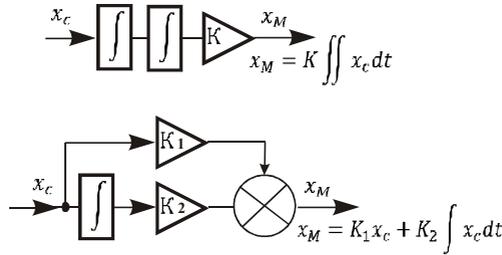
и



к



л



М

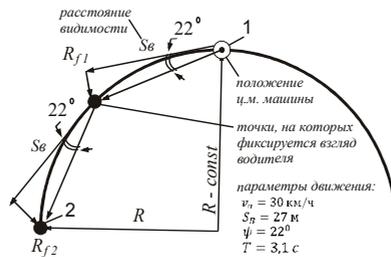
**Рис. 1.** К вопросу о разработке обобщенной экзоскелетальной модели деятельности операторов “слежения” летчика и водителя на заданном маршруте:

- a, б* – схема курсового движения самолёта и автомобиля, *в, г, д, ж* – формирование управляющих действий по устранению ошибок в курсе и маршруте; *з* – слежение за маршрутом типа “радар”; *и* – выбор передаточного числа индикатора регулирования;
- к* – системы управления автомобилем по боковому отклонению *y*, скорости и ускорения отклонения, *y'* соответственно; *л* – полуавтоматическое управление;
- м* – управление с убыстрением

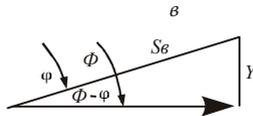
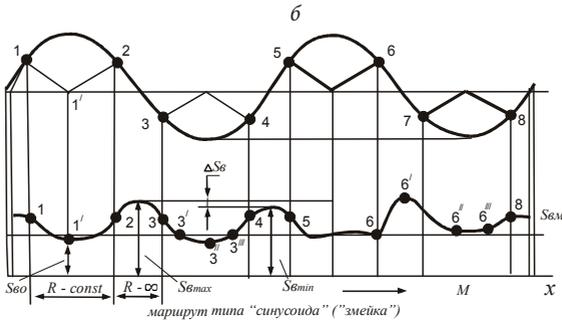
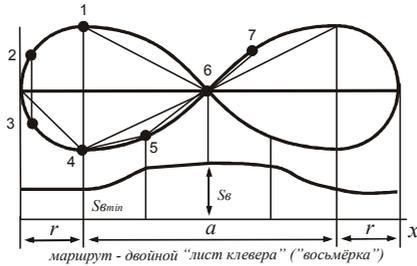


**Рис. 2.** Представление в системе В–А–Д при работе в замкнутом контуре регулирования с обратной связью

Кривая геометрии дороги обычно состоит из трех частей: двух переходных кривых на входе и выходе из поворота и дуги постоянного радиуса (рис. 3).



а



зависимость между ошибкой водителя ( $\Phi - \varphi$ ) и боковым смещением автомобиля  $Y$

$$\Phi - \varphi = v \int (K - k) dt$$

$$dY = (\Phi - \varphi) dS$$

$$Y = v^2 \iint (K - k) dt^2$$

2

**Рис. 3.** Кривая геометрии дороги:

- $a$  – алгоритм выбора водителем направляющих точек при движении по кругу;  $b$  – “восьмерке”,  $в$  – “синусоиде” (змейке),
- $z$  – ликвидации бокового смещения

Выбираемая водителем скорость движения определяется условиями комфорта и надежностью сцепления колес с дорогой. На входе и выходе

из поворота водители стремятся поддерживать постоянной скоростью изменения центростремительного ускорения – величину  $y'''$  (“толчок”) на дуге постоянного радиуса (развиваемом автомобилем центростремительным ускорением –  $y''$ ). Для автомобилей с фиксированным рулевым управлением факторами, влияющими на выбор водителем скорости движения, являются: максимальная кривизна дороги  $K(t)_{max}$ , допустимая скорость ее изменения  $K'(t)_{дон}$  и характеристики машины. Параметрами, влияющими на выбор угла направления движения, являются: угол направления  $\Phi(t)$  маршрута, скорость автомобиля на входе в поворот и величина продольного ускорения  $j_x$  движения –  $x''$ .

Многие вопросы, касающиеся влияния геометрии дороги на выбор водителем способов управления автомобилем, взяты из практики железных дорог и исследованы недостаточно. В настоящей работе используется общность процессов во всех системах “слежения” (рис. 1). Режим работы водителя “слежение” составляет основу исследования, так как это не только самая частая работа за рулем (60–65 %), но и наиболее частое нарушение при ДТП. Кроме того, этот режим можно описать детерминистским путем. В исследовании работа водителя и обучение вождению рассматриваются как установление связей в системе на основе осведомительной, командной и управляющей информации. Поскольку в настоящее время не существует подходящей теории для объяснения способов восприятия и переработки водителем дорожной информации, предлагается использование в качестве образно-понятийной деятельности водителя [8] методов передаточных функций, частотных характеристик [9] и моделей системы В–А–Д как экзоскелетона [10]. Последняя представляется согласно окулографии “миру образов” – в геометрической и тригонометрической формах.

При экзоскелетальном представлении системы В – А – Д управление автомобилем, как уже было определено, рассматривается как управление водителем своим туловищем, доведенным до размеров автомобиля, путем наведения “в цель”, в качестве которых выступают отправные точки  $R_f$  (рис. 3) на маршруте. Их выбор составляет специальное исследование методом окулографии.

**Вывод.** Экзоскелетальное представление, основанное на свойстве ассоциативности, присущей мышлению человека при операторской работе, как минимум, приближает к поиску решения вопроса о том, какие параметры и показатели работы требуется представить водителю через

информационную модель: в каком виде и в каком минимальном количестве это необходимо реализовать, чтобы помочь водителю воспринимать динамическую модель автомобиля, оценить возможные коррекции с его стороны при управлении – какими органами и в каких пределах. Такая информационная модель должна стимулировать работу автомобиля, иметь эффективный и легко различимый код, позволять легко декодировать поступающую информацию и обеспечивать реализацию безопасного управления, основанную на знании и правильном восприятии характерных реакций машины, т. е. её динамических качеств.

### Список используемой литературы

1. Определение понятий “управляемость автомобилей” и “вождение машины” в системе “водитель–автомобиль–дорога”: материалы III Міжнар. конф. “Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху”, [Харьків, 16–17 квітня 2013 р.] ; М-во освіти і науки, Харк. нац. автом.-дорожн. ун-т. – Х. : Харк. нац. автом.-дорожн. ун-т, 2013 – 244 с.
2. Гусев А. В. Повышение безопасности движения автомобильного транспорта с учетом эффективности зрительных действий водителя : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.01 [Украинский транспортный ун-т] / А. В. Гусев. – К., 1995. – 268 с.
3. Кожуховська Н. І. Забезпечення безпеки дорожнього руху шляхом адаптації водіїв до його складних умов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 [Національний транспортний ун-т] / Н. І. Кожуховська. – К., 2001. – 134 с. – Бібліогр. : с. 123–130.
4. Прокопенко А. Л. Розробка методів, моделей та алгоритмів забезпечення якості і системної ефективності підготовки водіїв : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : спец. 05.13.22 “Управління проектами та розвиток виробництва” / А. Л. Прокопенко. – К., 2004. – 20 с.
5. Аварійність на автошляхах України [Електронний ресурс] // Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем [Департамент ДАІ МВС України]. – К., 2011–2012. – Режим доступу : URL: <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm/>. – Дата звернення : 16.01.2013.
6. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна : учебник для студентов вузов / И. С. Степанов, А. Н. Евграфов, А. Л. Карунин и др. ; под общ. ред. В. М. Шарипова. – М. : МГТУ “МАМИ”, 2002. – 230 с.
7. Леруа А. Маккол. Основы теории сервомеханизмов / А. Леруа Маккол. ; пер. с англ. И. Б. Мальденштама ; под общ. ред. Я. З. Ципкина). – М. : Гос. изд-во ин. лит-ры, 1947. – 153 с.
8. Попов Е. П. Автоматическое регулирование и управление / Е. П. Попов. – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1966. – 388 с.

9. Weir D. Simulator studies of the driver's dynamics response in steering control tasks / D. Weir, C. K. Wojcek . – Highway Res. Rec. – No. 364. – pp. 1–15.

10. Hoffman E. R. The interection between the driver, vehicle and road / E. R. Hoffman // Australian Road Res. – 1967. – Vol. 3. – No. 2. – pp. 4–26.

*Рецензент – доктор технічних наук, доцент Лисий М. І*

*Стаття надійшла до редакції 16.01.2013.*

**Осташевський С. А. Екзоскелетальне подання змісту інформаційних “входів” у систему “водій–автомобіль–дорога”**

У статті запропоновано системне подання екзоскелетальної моделі управління автомобілем як основи забезпечення безпомилкового дотримання водієм заданого (безпечного) курсу руху, розуміючи в основі цього управління водієм своїм тулубом, доведеним до габаритів транспортного засобу. Розкривається зміст інформаційних “входів” у систему “водій – автомобіль–дорога”.

**Ключові слова:** керуваність автомобіля, водіння машини, система “водій – автомобіль – дорога”.

**Ostashevskyi S. A. Exoskeleton conception of content of information inputs into the system “driver–car–road”**

In article concerns the system conception of exoskeleton model of car driving as a basis of maintenance of error-free movement on the given (safe) route realizing that the main principle of this phenomenon is driving by a driver's body corresponding to the size of a car. The content of information inputs into the system “driver–car–road” has been examined.

**Keywords:** car controllability, car driving, system “driver–car–road”.