

УДК 656.052.8

**С. А. ОСТАШЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, докторант, НАГПСУ, Хмельницький

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ ВОДИТЕЛЕЙ К СЕНСОМОТОРНОЙ КООРДИНАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ НА СИНУСОИДАЛЬНОМ МАРШРУТЕ**

Предлагается метод определения способности водителей к тонкой сенсомоторной координации управляющих действий при гармоническом (синусоидальном) входном сигнале от дороги в системе «автомобиль-водитель-дорога». Оценивается возможность использования в качестве формализованных документов переходных характеристик и логарифмических амплитудофазовых частотных характеристик для оценки мастерства и работоспособности водителей и успешности обучения вождению.

**Ключевые слова:** управление, оценка, переходная характеристика, система «автомобиль-водитель-дорога», амплитудофазовая частотная характеристика, сенсомоторная координация.

**Введение.** Целью обучения вождению является достижение высокого мастерства и работоспособности по технике и тактике вождения в различных условиях выработки у обучаемых умений и навыков движения по заданному маршруту с заданной скоростью, а также высоких психических качеств – таких как воля, решительность, смелость, инициативность и самостоятельность в принятии решений, знание и уверенность в качествах машин и чувство ответственности за безопасность движения. Особенно это является важным для военных водителей и водителей правоохранительных органов, которые из-за специфичности задач могут управлять транспортными средствами в условиях, связанными с необходимостью выполнения большого количества маневров с высокой плотностью по времени, зачастую на высоких скоростях, в плотном транспортном потоке (колонне), а также в сложных дорожно-грунтовых и природно-климатических условиях.

**Анализ основных достижений и литературы.** В современных курсах подготовки водителей и руководящих документах [1-4], применяемых методических рекомендациях и литературе [5,6], как правило, присутствует субъективный подход к оценке качества вождения, основанный на опыте и интуиции обучающихся лиц. Отсутствие разработанных методов точной оценки мастерства, работоспособности водителей и успешности обучения вождению как минимум, не позволяет, в рамках и не только «отечественной автошколы», формировать у водителей способности к тонкой сенсомоторной координации управляющих действий. Косвенным подтверждением этому является статистика происшествий на автомобильном транспорте, связанных с отсутствием навыков в выполнении правильных манёвров, а также выборе и поддержании максимальной, безопасной и контролируемой скорости движения [7].

**Цель исследования, постановка задачи.** Определить способность обучающихся и водителей-профессионалов к тонкой сенсомоторной координации управляющих действий при гармоническом (синусоидальном) входном сигнале от дороги в системе «автомобиль-водитель-дорога» (А-В-Д). Оценить возможность использования в качестве формализованных документов переходных характеристик и логарифмических амплитудофазовых частотных характеристик (ЛАФЧХ) для оценки мастерства и работоспособности водителей и успешности обучения вождению.

**Материал исследования.** Для того, чтобы обучать водителя вождению на наиболее характерных маршрутах, предлагались научно обоснованные новые трассы. В соответствии со структурной схемой системы А-В-Д (см. рис. 1) одним из наиболее

© С. А. Осташевский, 2014

характерного елемента дорожнього спектра, формуючого «вхід» в систему, являються детерністські криві траси типу «синусоїдальний маршрут» (см. рис. 2). В дослідженні, навчання водінню і удосконалення майстерства професійних водіїв розглядається як своєрідне пристосування водія до елементів дороги, дорожнього оточення і машини з позиції адаптивної теорії діяльності системи А-В-Д. В такому представленні в якості кривих навчання пропонуються ЛАФЧХ, перехідні характеристики системи А-В на возмущення, образуємі елементами траси і криві навчання, прийняті в ергономічних дослідженнях [8].

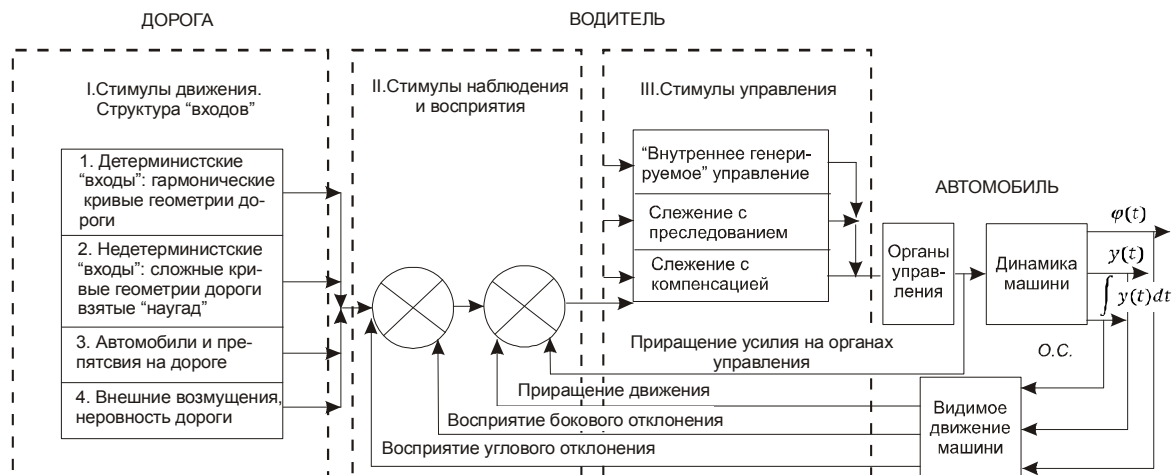


Рисунок 1 – Стимулы движения и стимулы управления с наблюдением в концептуальной модели управления в системе А-В-Д

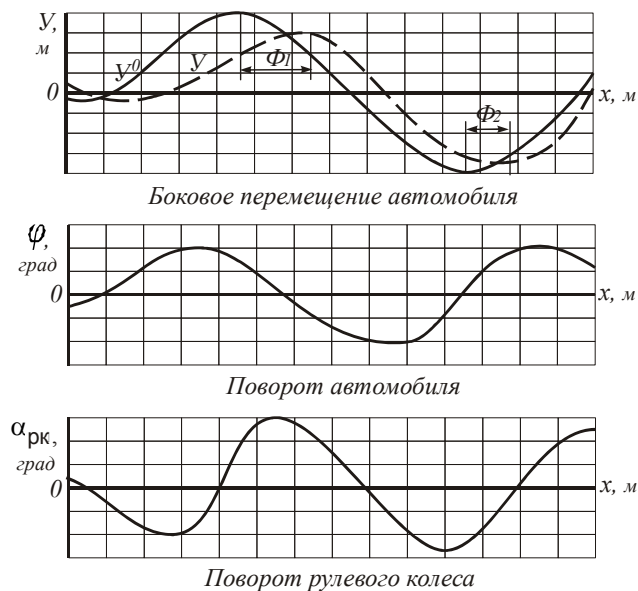


Рисунок 2 – Зависимость между поворотом рулевого колеса  $\alpha_{рк}$ , угловым  $\varphi$  и боковым  $y$  смещениями автомобиля

В качестве одной из экспериментальных трасс предлагается синусоїдальний маршрут «змейка», характеризующий способность водія к сенсомоторной координации управляющих действий (УД).

Пример зависимости между маршрутом движения  $y^0$ , траекторией движения  $Y$  автомобиля, управляющими действиями водителя  $\alpha_{\text{ПК}}$  и углами поворота автомобиля приводится на рис. 2. Водителям ставилась задача двигаться с заданной скоростью насколько можно точно. Показателем точности вождения принималось совпадение траектории и маршрута движения по амплитуде  $Y$  и фазе  $\Phi$ . Скорость движения выдерживалась от 20 км/ч до 60 км/ч.

При изменении скорости и углов направления движения изменялись величина боковых сил  $P_{\text{З}}$  и частотный компонент траектории, увеличивались фазовые задержки  $\Phi^0$  автомобиля и водителя, изменялась чувствительность автомобиля к боковому маневру  $\frac{\alpha_{\text{ПК}}}{y}$ , изменялся показатель точности движения  $\frac{Y}{y^0}$ . На основании полученных результатов строились переходные характеристики и графики логарифмических амплитудофазовых частотных характеристик (ЛАФЧХ) системы А-В-Д од заезда к заезду: 5-го, 10-го, 15-го (см. рис. 3, рис. 4).

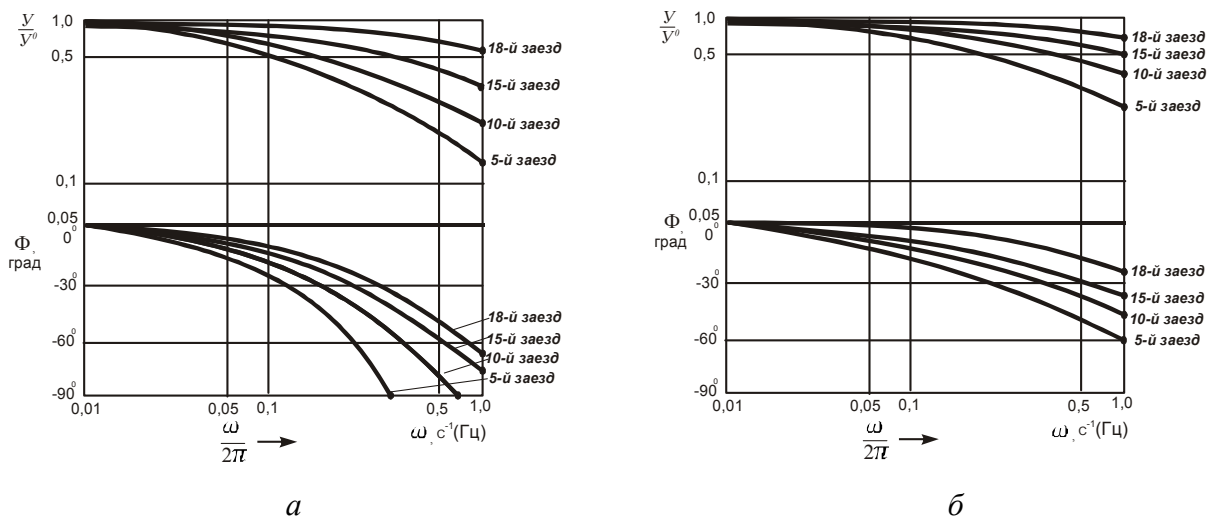


Рисунок 3 – Способы управления в системе А-В-Д с позиции ГАУ и методы их описания:

*a* – ЛАФЧХ системы А-В-Д, характеризующая степень становления навыка управления автомобилем молодого водителя; *б* – ЛАФЧХ системы А-В-Д, характеризующая степень становления навыка управления автомобилем опытного водителя

Средняя амплитуда маршрута «синусоида» определялась

$$y = y^0 - a_{\text{ср}}(t), \tag{1}$$

где  $a_{\text{ср}}(t) = \sqrt{\frac{\int_0^t a(\theta)^2 dt}{t}}$  - среднеквадратическое отклонение траектории от маршрута.

Для изменения характеристик поворачиваемости испытуемых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, Урал, КраЗ изменялось давление воздуха  $P_0$  в соответствующих шинах и нагрузка на передние и задние оси. Так, для формирования избыточной поворачиваемости – как наиболее опасной на дорогах с вероятным въездом на полосу встречного движения – уменьшалось давление в шинах задних колес с 0,35 мПа до 0,10 мПа. Расчет коэффициента поворачиваемости производился с использованием коэффициентов сопротивления боковому уводу  $\xi_1$  и  $\xi_2$  (2), измерялся известными

методами «движения по кругу» с использованием теодолита и прибора «пятое колесо».

К испытанием привлекались 32 человека: 25 курсантов и 7 инструкторов практического обучения со стажем от 2-х до 7-ми лет. Каждый испытуемый выполнял по 18 заездов: каждый 5-й, 10-й, 15-й и 18-й заезды были зачетными.

$$\frac{\alpha_{PK} - \alpha_{PK}}{\alpha_{PK} + \alpha_{PK}} \tag{2}$$

Как видно из рис. 4, чем выше скорость автомобиля, тем больше постоянная отношения  $\frac{y}{\alpha_{PK}}$  – принятой как чувствительность автомобиля на поворот рулевого колеса по боковому отклонению, тем меньше необходим угол поворота рулевого колеса  $\alpha_{PK}$  на амплитуду бокового отклонения. С другой стороны, с увеличением частоты входов  $\omega = \frac{2\pi V}{L}$ , где L – длина волны «синусоиды», при увеличении скорости автомобиля увеличивается «занятость» (работа) водителя. Одновременно увеличивались фазовые задержки  $\Phi^0$  из-за задержки водителя, а также упругости и инерционности рулевого управления и колес, шасси автомобиля и задержек водителя по восприятию и переработке входной информации. Так, при  $\omega = 1$  Гц и  $V_{\Sigma} = 50$  км/ч фазовая задержка  $\Phi^0$  достигала  $60^{\circ}$ . Это повышает требования к экстраполяции обучающимся входного сигнала и результатов управляющего действия. Полученные результаты подтверждают предположения таких исследователей как Э. Фиала, Р.Бундорф и др., что система А-В для обеспечения устойчивости работы при частоте входного сигнала 0,4-1,0 Гц должна обеспечиваться фазовым опережением в  $30...90^{\circ}$ .

При избыточной поворачиваемости постоянная боковой чувствительности  $\frac{y}{\alpha_{PK}}$  автомобиля больше, недостаточной – меньше, чем у автомобиля с нейтральной поворачиваемостью (рис. 4). При движении со скоростью 20...30 км/ч машина легко управляема на коротковолновом маршруте ввиду малых значений фазовых задержек ( $20...38^{\circ}$ ).

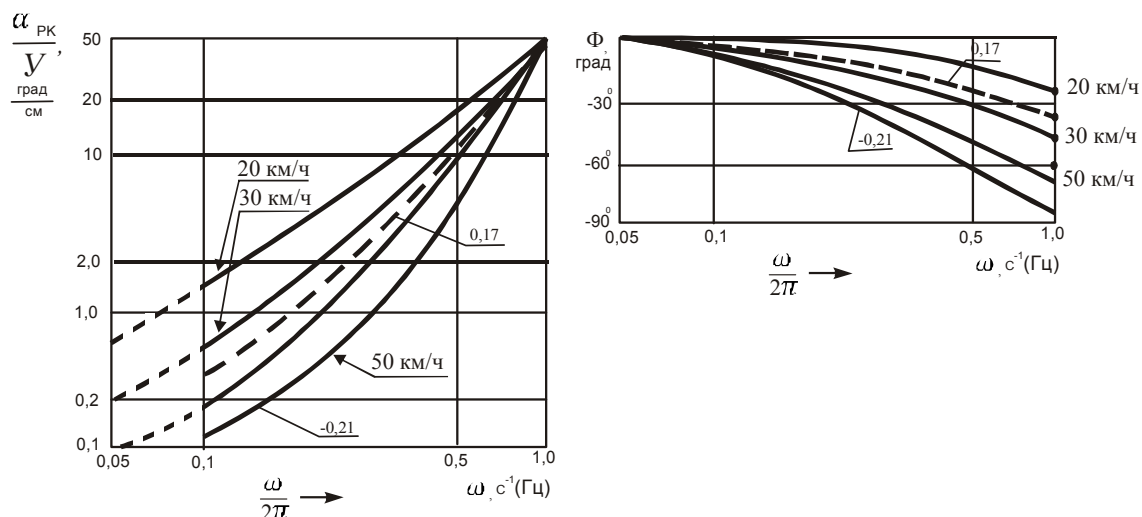


Рисунок 4 – Изменение чувствительности автомобиля  $\frac{\alpha_{PK}}{y}$  к боковому перемещению

Из рис. 3, а,б видно, что водители и обучающиеся сравнительно легко

приспосабливаются к изменению боковой постоянной  $\frac{Y}{\alpha_{PK}}$  и значительно хуже к фазовым задержкам  $\Phi^0$ .

В соответствии с взаимозависимостью между частотой входного сигнала  $\omega$  и длиной волны в испытании фазовая задержка увеличилась с увеличением скорости движения: при  $L = 20$  м до  $55^0$ , при  $L = 40 \dots 120$  м  $\Phi^0 = 30^0$ , причем кривая  $\Phi = f(\omega)$  отличалась большей плавностью изменения. Для максимальной частоты входного сигнала  $\frac{\omega}{2\pi} = 1$  Гц фазовая задержка поворота управляемых колес  $\Phi^0$  поворота рулевого колеса составляла  $17^0$ . Как видно из рис. 5, отношение угла поворота рулевого колеса  $\alpha_{PK}$  при величине  $Q_{ук} \cdot L_{ру}$  при  $\omega = 0,5$  Гц равно примерно единице, при  $\omega = 1,0$  Гц –  $0,92 \dots 0,95$ . Это можно объяснить влиянием упругости рулевого управления и задержек реагирования шасси автомобиля.

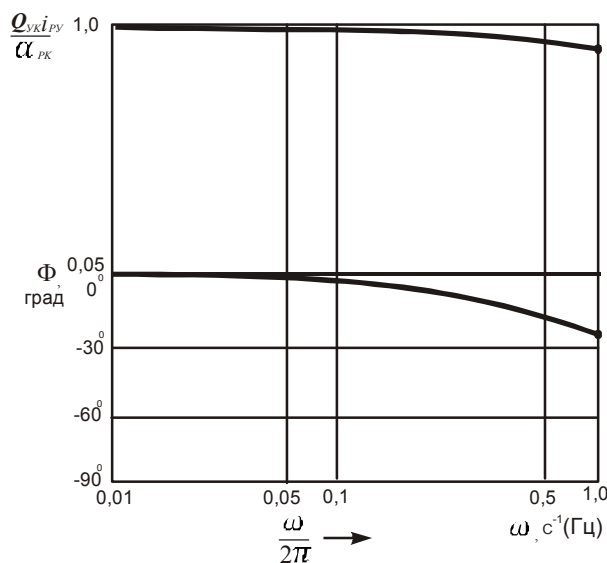


Рисунок 5 – ЛАФЧХ системы рулевого управления с учётом упругости рулевого привода

Этим же объясняются, на наш взгляд, угловые колебания автомобиля вследствие корректировок руля и угловых колебаний рулевого колеса относительно управляемых колес при его вращении. Указанное мнение вносит дополнительные «шумы» в модуляцию управления автомобилем, определяемую связью: поворот рулевого колеса  $\alpha_{PK}$  - боковое перемещение  $Y$  автомобиля.

**Результаты исследований.** Анализ переходных характеристик системы А-В для случаев управления машиной инструктором и обучающимся (см. рис. 3, а,б) показывает явную тенденцию уменьшения ее показателей, причем в обоих случаях к 18-му заезду появляется «плато» показателей, характеризующих предел возможностей испытуемых или стабильности навыка управления. Для фазовых задержек оно проявляется неявно, указывая необходимость дальнейших тренировок: автомобилистам это хорошо известно, когда при движении по «змейке» водитель несвоевременно или неточно повернул рулевое колесо или не выдержал скорость. Таким образом, по виду ЛАФЧХ можно судить о качестве обучения вождению или прочности навыка у водителя-профессионала.

**Выводы.** Полученные результаты подтвердили возможность использования в качестве формализованных документов переходных характеристик и ЛАФЧХ для оценки мастерства и работоспособности водителей и успешности обучения вождению. Трасса «синусоидальный маршрут» является легко оборудуемой на участке

скоростного руху автодрома, організація і контроль навчання водінню порівняно прості: траєкторія руху машини по заданому маршруту контролюється з допомогою гідротраєктографа (капельниці), чертилки або бокових обмежувачів. Аналіз динаміки вдосконалення навичок точного водіння з допомогою перехідних характеристик системи А-В наглядний і порівняно нескладний. В перспективі для оцінки точності водіння можливо використання професійних GPS-трекерів або індукційних пристроїв.

**Список літератури:** 1. Курс водіння бойових машин сухопутних військ Збройних сил України: [КВБМ СВ-98]. – К.: МО України, 1998. – 44 с. 2. Інструкція про порядок приймання іспитів для отримання права керування транспортними засобами та видачі посвідчень водія: [Наказ МВС № 515 від 07.12.2009 р. зі змінами внесеними згідно з Наказами МВС № 106 від 23.03.2011 р.; № 604 від 22.08.2011 р.; № 670 від 19.09.2011 р.]. – К.: МВС України, 2011. – 32 с. 3. Директива 2003/59/ЄС Європейського парламенту і ради від 15.07.2003 р. про початкову кваліфікацію і періодичну підготовку водіїв деяких видів автомобільного транспорту для перевезення товарів або пасажирів: (зі змінами, внесеними ДР 2004/66/ЄС від 26.04.2004 р.; ДР 2006/103/ЄС від 2011.2006 р.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до док.: <http://www.transport-ukraine.eu/docs/direktiva-ievropeyskogo-parlamentu-i-radi-pro-pochatkovu-kvalifikaciyu-i-periodichnu-pidgotovku>. 4. Постанова КМУ від 20.05.2009 р. №487 Про затвердження Порядку підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації водіїв транспортних засобів: (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 1371 від 23.12.2009 р.; № 627 від 12.06.2013 р.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до док.: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/487-2009-п>. 5. Цыганков Э.С. Управление автомобилем в критических ситуациях / Цыганков Э.С. – М.: Рипол Классик: Престиж книга, 2006. – 541 с. 6. Памятка по вождению для обучающихся в автошколах. – М.: Эксмо, 2008. – 32 с. 7. Аварійність на автошляхах України: [Електронний ресурс] // Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем / Департамент ДАІ МВС України. К.: 2011-2013. Режим доступу до док.: <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm/>. (Дата звернення: 16.01.2014). 8. Введение в эргономику / [Зараковский Г.М., Королев Б.А., Медведев В.И., Шлаен П.Я.]. – М.: Советское радио, 1974. – 352 с. – (Редакция кибернетической литературы).

*Поступила в редколлегию 09.03.2014*

УДК 656.052.8

**Исследование способностей водителей к сенсомоторной координации управляющих действий на синусоидальном маршруте / С. А. Осташевский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 94-99. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2078-6840.**

Пропонується метод визначення здібностей водіїв до тонкої сенсомоторної координації керуючих дій при гармонічному (синусоїдальному) входному сигналу від дороги в системі «автомобіль-водій-дорога». Оцінюється можливість використання в якості формалізованих документів перехідних характеристик та логарифмічних амплітудофазових частотних характеристик для оцінки майстерності та працездатності водіїв та успішності навчання водінню.

**Ключові слова:** керування, оцінка водіння, перехідна характеристика, система «автомобіль-водій-дорога», амплітудофазова частотна характеристика, сенсомоторна координація.

**The study of the abilities of the drivers to touch motor of the coordinations controlling action on sine type route / S. A. Ostashevskiy // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 9 (1052). – P. 94-99. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2078-6840.**

The method of definition of ability of drivers to thin touch motor coordination of operating actions is offered at a harmonious (sinusoidal) entrance signal from road to system "car-driver-road". Possibility of use as the formalized documents of transitive characteristics and logarithmic peak phase frequency characteristics for an estimation of skill and working capacity of drivers and success of training to driving is estimated.

**Keywords:** management, an estimation, the transitive characteristic, system "car-driver-road", the peak phase frequency characteristic, touch motor coordination.