

УДК 629.113

АНАЛИЗ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Шапкина Ю.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: from_friends@mail.ru

В статье проведена оценка влияния вибрации деталей автомобиля на водителя. Были проанализированы виброакустические характеристики рулевого управления автомобиля, влияющие на надежность и долговечность. Показано, как система рулевого управления, состоящая из рулевого колеса и рулевой колонки, испытывает вибрации: поступающие извне – от дороги и возбуждаемые внутри – двигателем автомобиля. Приведены величины колебательных спектров систем рулевого управления и диапазон сосредоточения виброакустической энергии. Сформулированы требования к системе рулевого управления на основании обобщения результатов исследования виброакустических и прочностных параметров.

Ключевые слова: рулевое управление автомобиля, вибронегруженность, вибрационные воздействия

ANALYSIS VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS OF A CAR STEERING

Shapkina Y.V.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: from_friends@mail.ru

The paper evaluated the effects of vibration on the details of the car driver. Were analyzed vibroacoustic characteristics car steering affecting the reliability and durability. It is shown that the steering system consists of steering wheel and steering column, and how these components are experiencing vibration coming from the outside – from the road and excited inside – the engine of the car. Are the values of the vibrational spectra of steering systems and a range of concentration of the vibrational energy. The requirements to the steering system on the basis of summarizing the results of the research of vibro-acoustic and strength parameters.

Keywords: car steering, vibronagruzhennost, vibration exposure

В автомобильной промышленности за последние годы выполнено много работ для определения индексов комфорта или показателей качества для подсистем транспортных средств, важнейшим из которых является рулевое управление. Однако при исследовании и совершенствовании систем и агрегатов рулевого управления автомобилей необходимо уделить особое внимание вопросам вибронегруженности и оценке вибрационных параметров этих конструкций.

Из всех вибрирующих поверхностей, с которыми водитель контактирует, рулевое управление особенно важно из-за чувствительности тактильных рецепторов кожи рук

и в связи с отсутствием промежуточных структур, таких как обувь или одежда, которые могут снижать вибрацию (рис. 1).

Рулевое колесо обеспечивает водителей транспортных средств ощущением вибраций на руки, которая дает тактильную обратную связь с автомобилем и дорогой. Вибрация рулевого колеса может повлиять на суждения водителя о комфорте. Манера, в которой вибрация рулевого колеса влияет на комфорт, является сложной и может зависеть от величины колебаний, частоты колебаний, направления вибрации, расположения контактов с руками и положения рук (рис. 2).

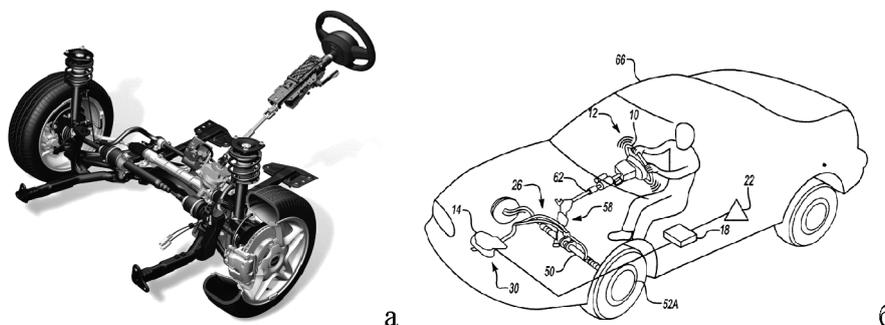


Рис. 1. Система рулевого управления автомобиля

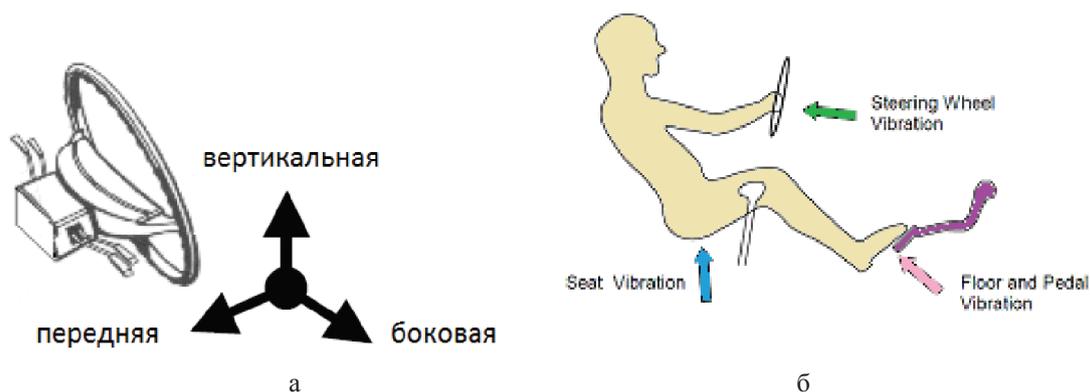


Рис. 2. Вибрация и ее воздействия:
а – оси вибрации на рулевом колесе, б – основные источники вибрационных воздействий на водителя в автомобиле



Рис. 3. Анализ структурной вибрации автомобиля с точки зрения «источник – путь – получатель»

Двигатель, колеса и шины и поверхность дороги (рис. 3) производят различные формы вибраций, передающихся на рулевое колесо через рулевой вал [3, 7]. Основные вибрации от полотна дороги – в диапазоне частот до 30 Гц, следовательно, необходимо иметь значения собственных частот выше (рис. 4).

Также электрическая система усилителя руля может генерировать вибрации, ощущаемые затем на рулевом колесе. Электронная система стабилизации курсовой устойчивости (система EPS) оснащена электродвигателем для «помощи» крутящему моменту рулевого управления и использует торсион с датчиком для оценки крутящего момента от водителя.

Согласно анализу структурной вибрации автомобиля, на рис. 5 показаны ре-

зультаты моделирования динамики [4]. Из диаграммы видно, что имеется точка пика около 30 Гц в результате жесткости торсиона. Если возмущение несет частоту колебаний около собственной частоты, водитель будет чувствовать неблагоприятное «ощущение» на рулевом колесе.

Исследованиями [5, 8, 10] установлено, что колебательные спектры систем рулевого управления могут достигать частот 300...350 Гц. Однако вибрационная энергия сосредоточена в основном в диапазоне между 10 и 60 Гц. Установлено также, что вибрация может передаваться на рулевое колесо с наибольшей эффективностью в диапазоне частот около 20...30 Гц.

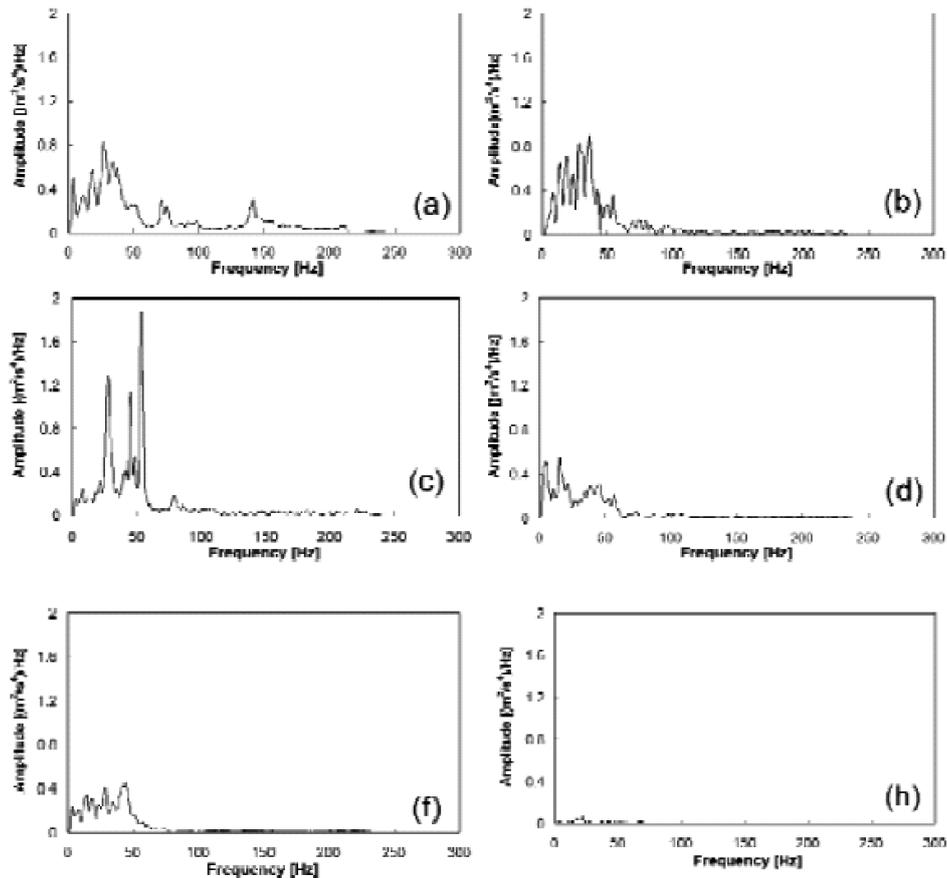


Рис. 4. Спектральная плотность ускорений вибрации рулевого колеса [3, 7]:
 а – загородные дороги (80 км/ч); б – дорога с выбоинами (60 км/ч); в – каменистые дороги (20 км/ч); д – крышки люков (60 км/ч); е – улицы города (50 км/ч); ж – автомагистрали (96 км/ч)

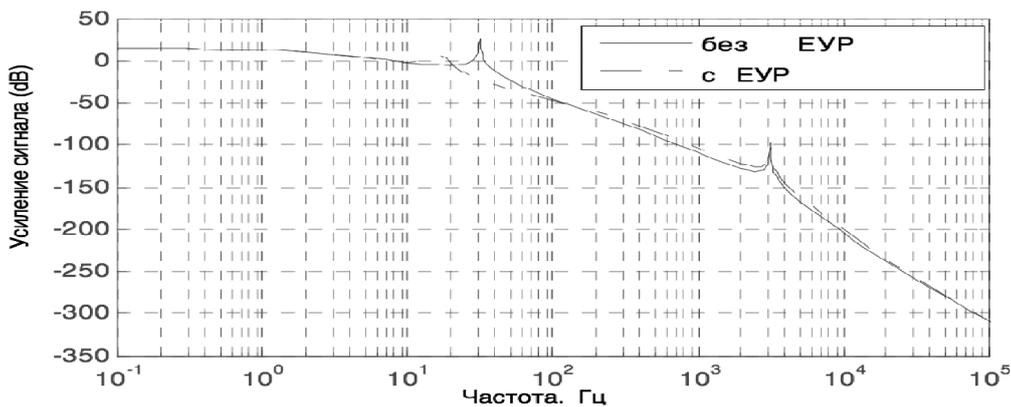


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика системы рулевого управления электрическим управлением (EYP) и без него

Методы оценки эффекта вибрации для определения количественной оценки тяжести передающейся на руки человека вибрации приведены в работе [9]. В этой работе

исследован диапазон частот от 3 до 300 Гц и сделан вывод, что нет никакой разницы в восприятии человеком вертикальной и горизонтальной вибрации (рис. 6).

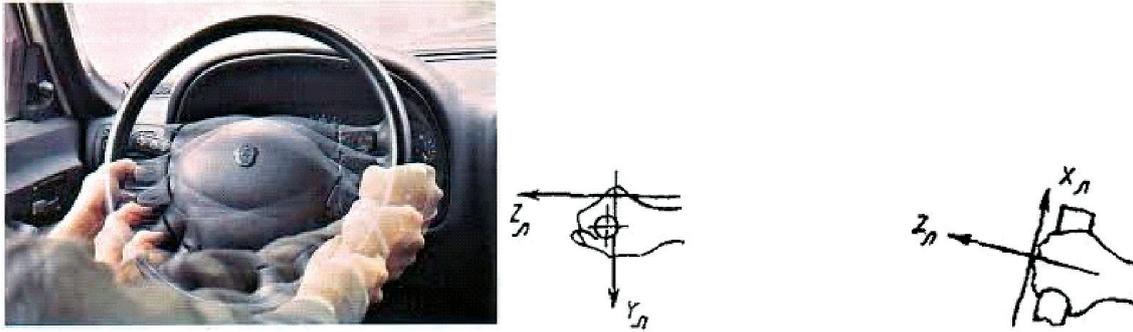


Рис. 6. Вертикальное и горизонтальное направления вибрации рулевого колеса

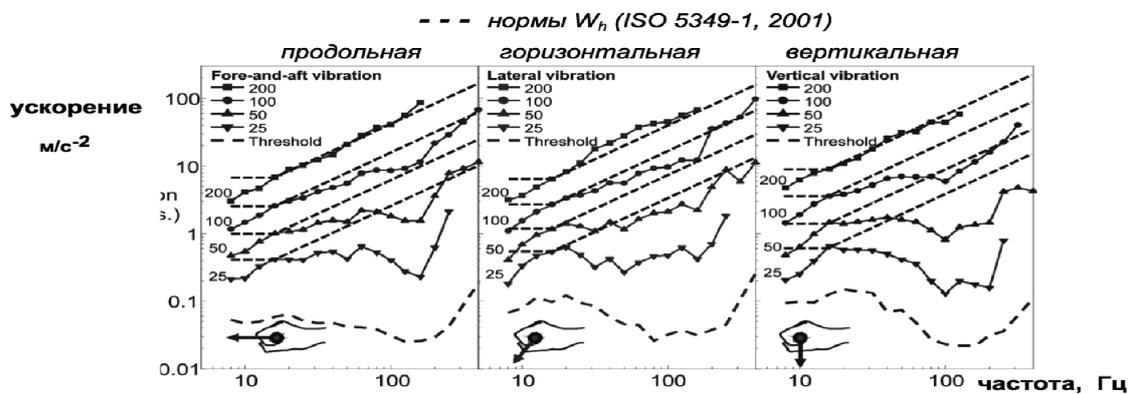


Рис. 7. Эквивалентные контуры комфорта для условных величин ощущений от 25 до 200 (100 соответствует $5,0 \text{ мс}^{-2}$ при 50 Гц) и оценки вибрации W_h согласно ISO 5349-1, 2001 [1]

Ныне действующие международные стандарты для оценки локальной вибрации [1, 2] определяют единственную оценку частоты – W_h , для оценки воздействия на человека вибрации, передаваемой по любой оси. Оценка частоты W_h указывает наибольшую чувствительность к ускорению на частотах между 8 и 16 Гц и снижает чувствительность к ускорению пропорционально частоте на частотах выше 16 Гц (рис. 7).

Поскольку укрупненно система рулевого управления состоит из рулевого колеса и рулевой колонки, то эти компоненты испытывают вибрации, поступающие извне (от дороги) и возбуждаемые внутри (двигателем) автомобиля [6]. Рулевая колонка, как правило, крепится болтами к раме транспортного средства. Традиционное конструктивное решение для устранения передачи вибрации – добавить между рулевой колонкой и кузовом автомобиля настроенный демпфер, чтобы минимизировать вибрации,

передающиеся на руль. Такое решение несколько громоздко из-за своего веса и необходимых настроек.

Одной из важнейших функций системы рулевого управления является передача рулевых воздействий от водителя на колеса. Следовательно, к системе рулевого управления выдвигаются противоречивые требования. С одной стороны, рулевая система должна быть «жесткой» (или «твердой») для передачи воздействий водителя на колеса и для долговечности, с другой стороны, рулевая система должна быть «мягкой» для комфорта (или с высокой способностью «гашения», «поглощения» колебаний).

Поэтому в целях повышения показателей качества для транспортных подсистем необходимо обобщить результаты исследования виброакустических и прочностных параметров [8] и выработать единую методику расчета вибрационных параметров рулевого управления автомобиля.

Список литературы

1. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация и удар. Измерение локальной вибрации и оценка её действия на человека. Часть 1. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2008. – 12 с.
2. ГОСТ 31191.2-2004 (ИСО 2631-2:2003). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2008. – 12 с.
3. Шапкина Ю.В. Анализ виброакустических параметров автомобиля / Ю.В.Шапкина, У.Ш. Вахидов // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 104–109.
4. Шапкина Ю.В. Обоснование концепции «источник-путь-получатель» для анализа структурной вибрации автомобиля / Ю.В. Шапкина // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 110–114.
5. Шапкина Ю.В. Численные исследования колебаний узлов автомобилей / У.Ш. Вахидов, А.В. Согин, В.А. Шапкин, Ю.В. Шапкина // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2014. – № 3(105). – С. 145–153.
6. Шапкина Ю.В. Гармонический анализ рулевого управления легковых автомобилей / А.Г. Китов, А.В. Согин, В.А. Шапкин, Ю.В. Шапкина // Журнал автомобильных инженеров / Издательский дом ААИ ПРЕСС. – М., 2014. – № 5(88). – С. 50–53.
7. Шапкина Ю.В. Параметры шума и вибрации транспортных и технологических машин / Вахидов У.Ш., Китов А.Г., Согин А.В., Шапкин В.А., Ю.В. Шапкина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований – 2014. – № 7. – С. 8–11. – URL: www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=5378.
8. Шапкина, Ю.В. Моделирование плотности потока энергии волн в деталях автомобилей / Ю.В. Шапкина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12858.
9. Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. Part 6. Measurements of unpleasant and tolerance limitlevels for sinusoidal vibrations. Ind Health. – 1968. – № 2. – P. 18–27.
10. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration, Motion & Control. – 1998. – № 4. – P. 37–41.

References

1. GOST 31192.1-2004 (ISO 5349-1:2001). Vibraciya i udar. Izmerenie lokalnoj vibracii i ocenka eyo dejstviya na cheloveka. Chast 1. Obshhie trebovaniya. M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2008. 12 p.
2. GOST 31191.2-2004 (ISO 2631-2:2003). Vibraciya i udar. Izmerenie obshhej vibracii i ocenka ee vozdejstviya na cheloveka. Chast 2. Vibraciya vnutri zdaniy. M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 2008. 12 p.
3. Shapkina, Y.V. Analiz vibroakusticheskix parametrov avtomobilya / Y.V. Shapkina, U.S. Vaxidov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 4. pp. 104–109.
4. Shapkina Y.V. Obosnovanie koncepcii «istochnik-put-poluchatel» dlya analiza strukturnoj vibracii avtomobilya / Y.V. Shapkina // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 4. pp. 110–114.
5. Shapkina, Y.V. Chislennye issledovaniya kolebanij uzlov avtomobilej / U.S. Vaxidov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin, Y.V. Shapkina // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2014. no. 3(105). pp. 145–153.
6. Shapkina, Y.V. Garmonicheskij analiz rulevogo upravleniya legkovyx avtomobilej / A.G. Kitov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin Y.V. Shapkina // Zhurnal avtomobil'nyx inzhenerov / Izdatelskij dom AAI PRESS. M., 2014. no. 5(88). pp. 50–53.
7. Shapkina Y.V. Parametry shuma i vibracii transportnyx i texnologicheskix mashin / U.S. Vaxidov, A.G. Kitov, A.V. Sogin, V.A. Shapkin, Y.V. Shapkina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovanij. 2014. no. 7. pp. 8–11. – URL: www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=5378.
8. Shapkina Y.V. Modelirovanie plotnosti potoka e'nergii voln v detalyax avtomobilej / Y.V. Shapkina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 2; URL: www.science-education.ru/116-12858.
9. Miwa T. Evaluation methods for vibration effect. Part 6. Measurements of unpleasant and tolerance limitlevels for sinusoidal vibrations. Ind Health 2, 18–27, 1968.
10. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration, Motion & Control, 4, pp. 37–41, 1998.