

# ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ РЕАКЦИЯМИ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ

д.т.н. Рязанцев В.И., Альсаламех Бальсам, к.т.н. Левенков Я.Ю.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

ryazantsev1@yandex.ru

Одной из новых систем активной безопасности автомобиля является система стабилизации вертикальных реакций колес при движении по периодическому профилю. Эффективность работы этой системы во многом зависит от успешности измерения значений вертикальных реакций колес автомобиля в движении. В статье рассматриваются возможности решения этой задачи. В качестве первого метода определения радиальной реакции в шине рассматривается метод оценки радиальной силы по изменению внутреннего давления в ней. Теоретический анализ этой задачи на базе решения простейших моделей, а также более совершенных моделей с использованием метода конечных элементов представлен в статье. Другой метод определения радиальной силы в шине заключается в измерении радиальной деформации шины в области пятна контакта. В статье рассмотрены два способа определения радиальной деформации шины. Один из способов заключается в применении лазерной техники. Лазерный датчик закрепляется на ободе автомобильного колеса, что обеспечивает постоянное измерение радиальной деформации в одной точке вращающейся шины. Использование такого устройства в системе стабилизации вертикальных реакций колес автомобиля практически невозможно, т.к. частота появления нужного сигнала слишком мала. Более совершенный вариант измерительного устройства с гироскопом обеспечивает постоянство направления луча лазера в одну точку – центр пятна контакта. Этим достигается непрерывность измерения радиальной деформации шины в процессе движения. Другой способ заключается в применении кольцевой камеры с жидкостью, опертой на кольцо, подобное кольцу, закрепленному на ободе так называемого «безопасного» колеса. Повышение давления в камере при радиальной деформации шины позволяет оценить последнюю. Еще один метод непрерывного измерения радиальной силы на колесе связан с выполнением измерений вертикального ускорения центра колеса и суммарной силы, передаваемой подвеской на колесо автомобиля.

**Ключевые слова:** радиальная реакция шины, стабилизация вертикальной реакции колеса, интеллектуальные шины

## Введение

Современное состояние развития автомобильного транспорта характеризуется интенсивным внедрением новых средств активной безопасности. Это происходит потому, что повышаются, с одной стороны, требования к безопасности автомобиля, а с другой – мощное развитие электроники, информационных технологий дает возможность создавать новые все более эффективные системы активной безопасности с расширенными функциями. Одной из таких систем является система стабилизации вертикальных (или радиальных, что приемлемо для нашего случая) реакций дороги на шину автомобильного колеса (СВРК, Стабилизация вертикальной реакции дороги на колесо) при движении автомобиля по периодическому профилю.

Работа такой системы состоит в управлении вертикальной реакцией дороги на шину авто-

мобильного колеса [1]. Схема системы СВРК представлена на рис. 1.

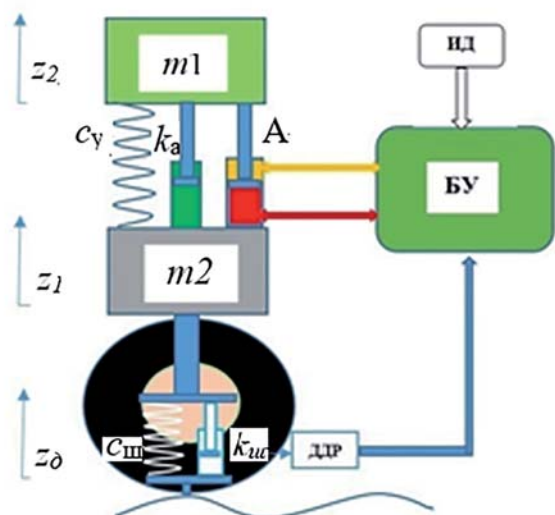
Представленная модель описывается уравнениями

$$\begin{aligned} m_2 \cdot \ddot{z}_2 &= c_y \cdot (z_1 - z_2 + A_n) + \\ &+ k_a \cdot (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + cc \cdot (z_1 - z_{\bar{a}} - r_d) - m_2 \cdot g, \\ m_1 \cdot \ddot{z}_1 &= -c_y \cdot (z_1 - z_2 + A_n) - k_a \cdot (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - cc \times \\ &\times (z_1 - z_{\bar{a}} - r_d) - m_1 \cdot g + c_{\theta} \cdot (z_{\bar{a}} - z_1 + A_{\theta}) + \\ &+ k_{\theta} \cdot (\dot{z}_{\bar{a}} - \dot{z}_1). \end{aligned}$$

В этой системе:  $cc$  – передаточный коэффициент, определяющий величину силы, создаваемой в актюаторе;  $A_n$ ,  $A_{\theta}$  – постоянные коэффициенты.

## Цель исследования

Целью исследования является анализ реализации системы управления вертикальными реакциями колес автомобиля.



**Рис. 1. Схема управления вертикальной реакцией дороги на колесо автомобиля при движении по периодическому профилю:**

$m_1, m_2$  – неподдрессоренная и поддрессоренная массы;  $c_y$  – упругий элемент подвески;  $k_a$  – амортизатор; А – актуатор (например, гидроцилиндр);  $c_{ш}$  – радиальная жесткость шины;  $k_{ш}$  – коэффициент неупругого сопротивления шины;  $z_2, z_1$  – вертикальные координаты поддрессоренной и неподдрессоренной масс;  $z_0$  – вертикальная координата профиля дороги; БУ – блок управления; ДДР – датчик динамического радиуса; ИД – источник давления

### **Проблемы оценки вертикальных реакций колес автомобиля**

В структуре рассмотренной системы должно быть применено устройство для измерения вертикальной силы, действующей на колесо. Несмотря на кажущуюся простоту системы, ее реализация требует преодоления определенных трудностей, связанных с техникой непрерывных измерений вертикальных сил на колесах и передачи данных. Прямое измерение вертикальной силы, воспринимаемой шиной в настоящее время затруднено, соответствующего инструмента пока нет. Поэтому актуален вопрос о способах оценки величины вертикальной силы в шине для передачи ее значений в систему управления. В многочисленных работах российских и иностранных [1–4] авторов приведены примеры различных устройств для измерения параметров шины в процессе ее работы. Пользуясь языком зарубежного автора, можно сказать, что шина является единственным интерфейсом между автомобилем и дорогой. Реакция дороги на шину во многом характеризует

состояние дороги и параметры движения автомобиля и таким образом представляет важную информацию для выработки тактики управления транспортным средством. В научной литературе появился термин интеллектуальные (умные) шины [3–7]. Они отличаются тем, что оснащены датчиками для измерения таких параметров, как давление воздуха в шине, радиальная и другие деформации в ней, температура, ускорение центра колеса, характер и интенсивность износа протектора. Благодаря применению интеллектуальной шины (*Intelligent Tire System*) могут быть достигнуты усовершенствования в плане оптимизации работы АБС, управления устойчивостью движения автомобиля, оценки коэффициента трения. В лабораториях многочисленных исследовательских центров мира создаются экспериментальные образцы [8–14] интеллектуальных шин с использованием всех возможных средств измерения параметров работы шины.

Система управления, целью которой является стабилизация вертикальной реакции на колесо автомобиля, предполагает измерение и использование в системе значений этого параметра. Для этого могут быть применены датчики, непосредственно измеряющие вертикальную силу на колесе. Например, датчик, передающий с достаточной точностью сигнал о значении вертикальной реакции колеса, может быть встроен в подшипниковый узел колеса. Это могут быть тензометрические, пьезоэлектрические системы или какие-либо другие. Реализация таких систем при современном уровне развития техники измерений возможна, но проблематична. В этом случае может оказаться полезным исследование методом конечных элементов напряженного состояния ступицы колеса от вертикальной нагрузки.

Эффективную работу системы можно обеспечить, используя датчик давления воздуха в шине. С увеличением вертикальной нагрузки давление в шине меняется в сторону увеличения, однако трудности возникают в связи с тем, что увеличение давления является незначительным. Простейший подход к анализу этого явления заключается в оценке изменения давления на базе схемы, представленной на рис. 2. Если представить шину в виде цилиндрического кольца, у которого отрезается объем линиями, обозначающей плоскую дорогу, то мы получаем первое грубое приближение шины, деформированной вертикальной реакцией. Объем дефор-

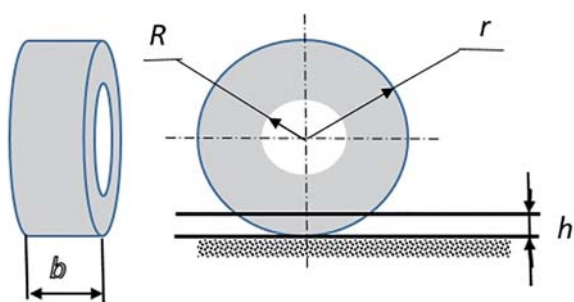


Рис. 2. Схема к расчету изменения объема шины при нагружении вертикальной силой

мированной шины в такой схеме можно рассчитать, используя схему на рис. 2.

При заданных произвольно значениях геометрических размеров условной шины  $R = 0,2$  м,  $r = 0,4$  м,  $b = 0,2$  м и при деформации  $h = 0,03$  м вертикальной силой на плоской дороге рассчитаем изменение объема, занимаемого воздухом. Начальный объем воздуха в свободной шине  $V_1 = 0,377$  м<sup>3</sup>. Конечный объем воздуха в нагруженной шине  $V_2 = 0,364$  м<sup>3</sup>. При показателе политропного процесса  $n = 1$  изменение давления составляет  $\Delta p = 0,069$  бар, а при  $n = 1,4 - 0,096$  бар.

Более точное решение вопроса об изменении внутреннего давления в шине может быть получено на базе решения этой задачи методом конечных элементов [2]. Такой расчет выполнен для шины ВЛИ-10 175/80 R16. Индекс нагрузки шины – 88, что соответствует 5488 Н. Начальное внутреннее давление воздуха в шине равно 0,2 МПа. Задача решалась в квазистатической постановке с использованием неявного метода интегрирования уравнений динамического равновесия. Модель пневматического колеса (рис. 3а) включает модель пневматиче-

ской шины и модель колесного диска. Взаимодействие между протектором шины и опорной поверхностью (опорная поверхность абсолютно жесткая) описано контактом типа «поверхность – поверхность». Контактный алгоритм описан с помощью метода штрафных функций. Для снижения размерности задачи смоделирована половина шины, которая закреплена по условиям симметрии.

Постоянное по величине внутреннее давление задано в виде распределенной нагрузки по внутренней полости шины. Нагружение шины производилось методом принудительного перемещения. Деформированное состояние шины представлено на рис. 3б. В результате расчета были получены зависимости изменения относительного внутреннего объема и давления в шине при различных значениях показателя политропного процесса от величины перемещения центра оси колеса  $h_z$  (рис. 4). Относительный внутренний объем определяется как отношение текущего объема деформированной шины  $V_{hz}$  к сходному внутреннему объему шины  $V_0$ , нагруженной только внутренним давлением воздуха  $p_w$ .

Относительное изменение объема шины:

$$\frac{V_0 - V_{hz \max}}{V_0} \cdot 100\% = 4,5\%,$$

где  $V_{hz \max}$  – внутренний объем шины при ее прогибе 60 мм.

При нагрузке 5488 Н (индекс нагрузки 88)

$$n = \frac{V_0 - V_{hz i}}{V_0} \cdot 100\% = 1,1\%,$$

где  $V_{hz i}$  – объем шины при нагрузке, соответствующей индексу нагрузки шины.

Нагружение шины 175/80 R16 вертикальной нагрузкой приводит к следующим результатам

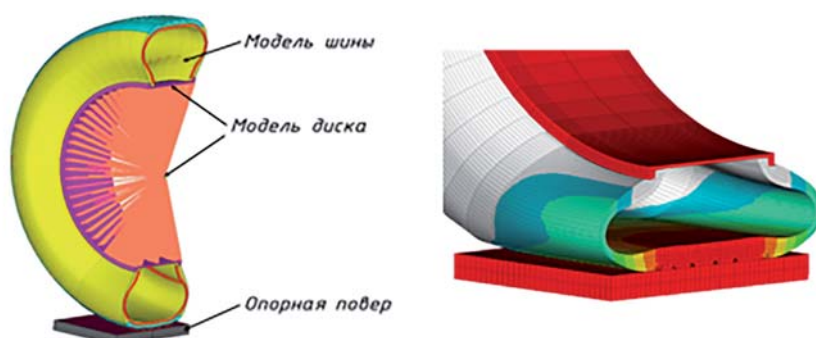


Рис. 3. Пневматическое колесо:

а – конечно-элементная модель шины; б – деформированное состояние модели шины при перемещении оси колеса  $h_z$  на 60 мм

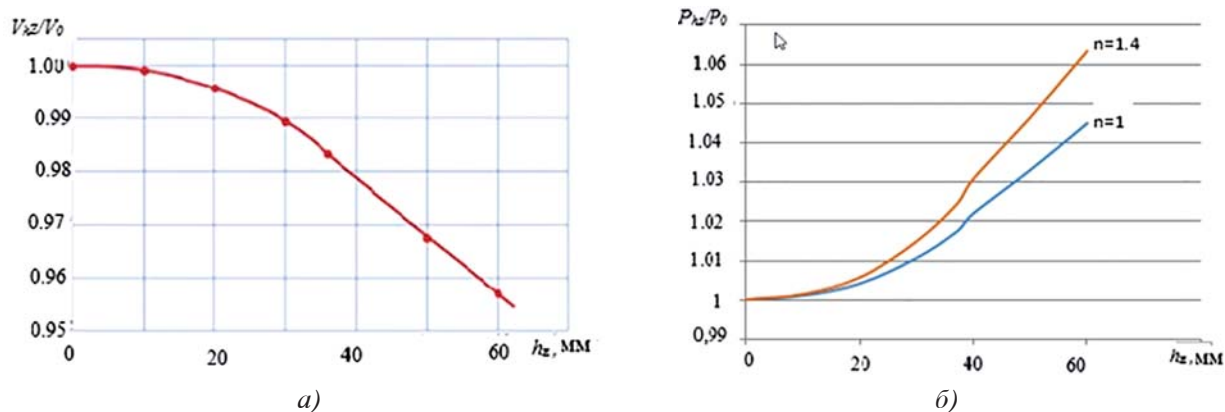


Рис. 4. Изменения параметров шины в функции ее радиальной деформации:

*a* – изменение относительного внутреннего объема шины; *б* – изменение относительного внутреннего давления в шине при разных значениях показателя политропного процесса

по изменению давления в шине. Поскольку изменение объема при величине нагрузки 5488Н составляет около 1%, примерно также, на 1% увеличится давление в шине.

По литературным данным [9–12], в эксперименте измерение давления в шине в процессе ее нагружения высокочастотной радиальной нагрузкой (около 1 кГц) выполнялось с помощью современных высокочувствительных датчиков давления, внешний вид и характеристика которых показана на рис. 5. У этого датчика диапазон измерения 6,89 кПа, чувствительность 725 мВ/кПа, резонансная частота свыше 40 кГц. Динамические датчики давления (*DTPS, Dynamic tire pressure sensors*) соединялись с полостью шины через ее клапан. В упомянутой работе датчики давления применялись с целью реконструкции профиля дороги.

Еще один способ измерения вертикальной силы через измерение радиальной деформации колеса заключается в применении кольцевой камеры с жидким наполнителем. Камера поме-

щается между кольцом, являющемся элементом безопасного колеса, и внутренней поверхностью шины. Такая система устраняет один из недостатков использования датчика давления воздуха в шине, которым является малое изменение давления воздуха в шине. Схема системы представлена на рис. 6.

Датчик в предлагаемой системе измеряет давление жидкости в кольцевой камере. Поскольку сжимаемость жидкости в нашем случае практически отсутствует, изменение давления в кольцевой камере отражает радиальную деформацию шины и косвенно – радиальную (практически, вертикальную) нагрузку на колесе.

Лазерные датчики радиальной деформации шин являются инструментами, способными эффективно выявлять характер взаимодействия шины с дорогой. Представляя собой бесконтактный измерительный инструмент, эти датчики могут измерять с высокой точностью радиальную деформацию шины [13, 14] и, таким образом, позволяют получать оценку радиальной силы, действующей на нее. Эти датчики работают в широком диапазоне температур и нагрузок, дают возможность непрерывного измерения деформации при работе на высоких частотах. Диапазон измерений лазерного датчика *KeyenceIL-065* составляет 55...105 мм, минимальная частота дискретизации 0,2 мс. На рис. 7 показаны лазерный датчик *KeyenceIL-065* и схема его размещения в шине колеса.

В плане сложности конструкции применение лазера, вращающегося вместе с ободом колеса (рис. 8) проще, но не дает возможности



Рис. 5. Динамический датчик давления (*ICP pressure sensor 106B52*)



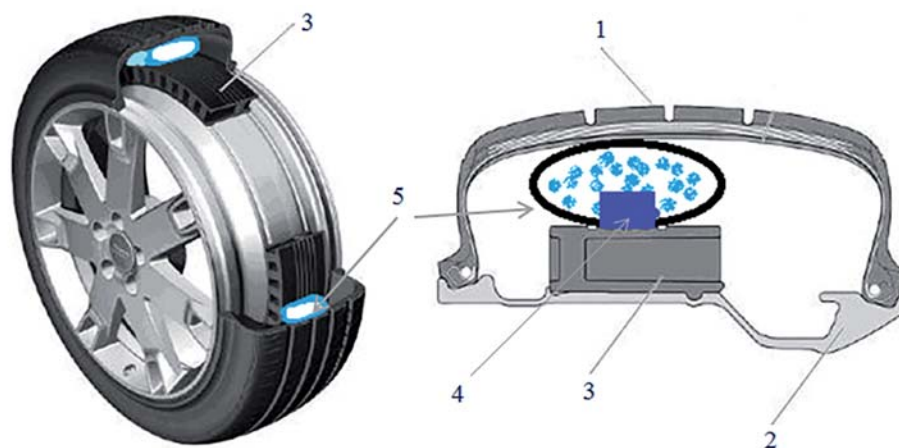


Рис. 6. Схема системы измерения радиальной деформации шины:

1 – протектор; 2 – обод; 3 – кольцо безопасности (шина Runflat); 4 – датчик давления; 5 – кольцевая камера с жидким наполнителем

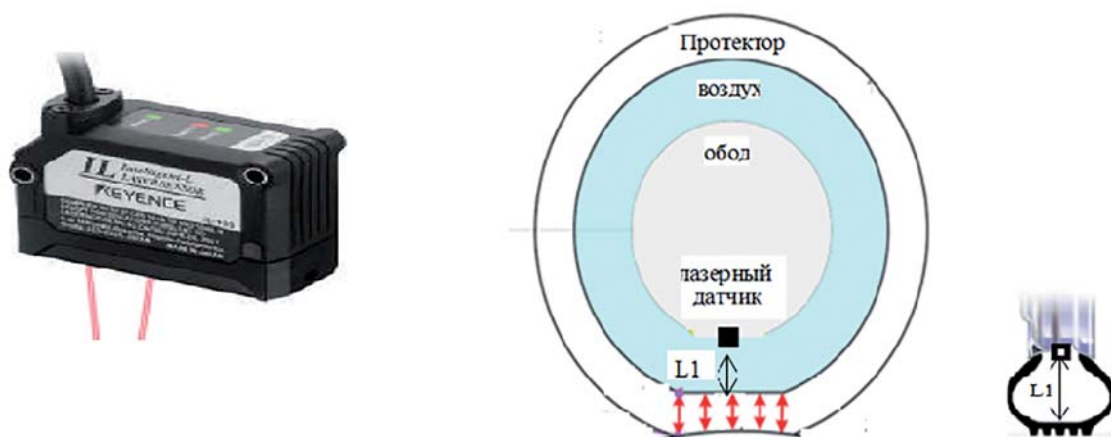


Рис. 7. Лазерный датчик KeyenceIL-065 и схема его размещения в шине колеса

непрерывного измерения радиальной деформации шины в условном центре пятна контакта шины с дорогой. На рис. 8 представлена схема устройства для непрерывного измерения расстояния по вертикали между диском и внутренней поверхностью шины в центре зоны пятна контакта шины с дорогой, что позволяет оценивать радиальную деформацию шины колеса и тем самым оценивать значение силы вертикальной реакции дороги на нее. Вертикальное положение луча лазера обеспечивается применением гироскопического устройства.

Может оказаться эффективным применение метода опосредованного определения вертикальной силы, действующей на шину. Подобный метод применяется в системах активной безопасности, например, в автомобиле Соната (Hyundai) в системе AGCS, когда трудновыполнимому измерению боковых сил на колесах предпочитают опосредованное определение этих сил, используя расчет на базе измерения

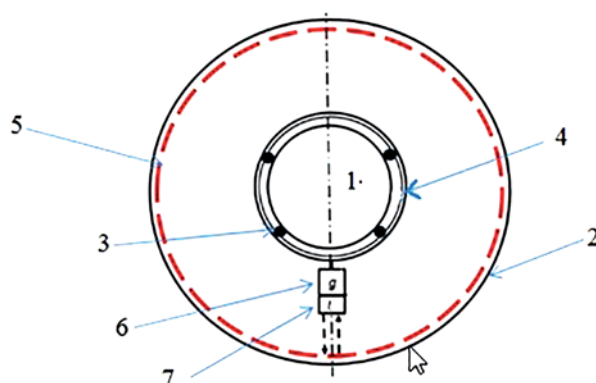


Рис. 8. Схема непрерывного измерения радиальной деформации шины автомобильного колеса в зоне

пятна контакта с помощью лазерного устройства: 1 – обод колеса; 2 – шина; 3 – ролик; 4 – кольцо, вращающееся на ободе; 5 – металлизированная поверхность шины (отражающий слой); 6 – гироскоп; 7 – лазер

скорости автомобиля и угла поворота колес автомобиля.

Уравнение движения колеса по вертикальной оси

$$m_k \cdot \ddot{z}_k = F_{sch} - F_{susp} - m_k \cdot g,$$

откуда  $F_{sch} = F_{susp} + m_k \cdot g + m_k \cdot \ddot{z}_k$  или  $F_{sch} = F_{susp} + m_k \cdot (g + \ddot{z}_k)$ .

Здесь  $F_{sch}$  – вертикальная сила в шине;  $F_{susp}$  – сила в подвеске;  $m_k$  – масса колеса;  $\ddot{z}_k$  – вертикальное ускорение колеса.

Применяя датчики вертикального ускорения массы колеса и датчики суммарной вертикальной силы в подвеске, можно вычислить вертикальную силу, действующую со стороны дороги на шину. В этом случае возникает вопрос обеспечения необходимой скорости расчета этой силы. Нас интересуют процессы колебаний вертикальной реакции колеса в диапазоне частот 5...12 Гц. Предварительный анализ показал, что на таких частотах получать обработку сигнала в режиме реального времени вполне возможно. Таким образом, метод опосредованного определения вертикальной реакции автомобиля, представленный выше, вполне подходит для использования в системе управления этими реакциями на автомобиле.

### Заключение

Представленные в статье материалы характеризуют различные методы измерения вертикальной силы взаимодействия шины с дорогой, что необходимо для обеспечения эффективной работы системы стабилизации вертикальных реакций дороги на колеса автомобиля при движении по периодическому профилю. Работа системы решает задачу повышения устойчивости движения автомобиля в указанных условиях.

### Литература

1. Рязанцев В.И., Альсаламех Бальсам. Стабилизация вертикальной реакции дороги на колесо при движении автомобиля по периодическому профилю // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. № 4. С. 57–65.
2. Вольская Н.С., Левенков Я.Ю., Русанов О.А., Моделирование автомобильной пневматической шины, взаимодействующей с твердой неровной опорной поверхностью // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 5. С. 107–124. DOI: 10.7463/0513.0571409.
3. Ryosuke Matsuzaki, A Study On Intelligent Tires Based On Measurement Of Tire deformation. Tokyo institute of technology, Phd thesis. 2007. Режим доступа: <http://www.ginza.mes.titech.ac.jp/files/publications/Matsuzaki-2007-Thesis.pdf>.
4. Yilmazoglu O., Brandt M., Sigmund J., Genc E., Hartnagel HL. Integrated InAs/GaSb 3D magnetic field sensors for “the intelligent tire”, 2001. Vol. 94. P. 59–63. Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(01\)00700-2](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(01)00700-2).
5. Mika J., Matilainen Ari J. Tuononen. Intelligent tire to measure contact length in dry asphalt and wet concrete conditions Int. Symp. Advanced Vehicle Control (Seoul, 2012). Режим доступа: [https://users.aalto.fi/~atuonone/files/Mika\\_Matilainen\\_Tire\\_Technology\\_2013.pdf](https://users.aalto.fi/~atuonone/files/Mika_Matilainen_Tire_Technology_2013.pdf).
6. Braghin F., Brusarosco M., Cheli F., Cigada A., Manzoni S., Mancosu F. Measurement of contact forces and patch features by means of accelerometers fixed inside the tire to improve future car active control. Veh. Syst. Dyn. 2006, Vol. 44. P. 3–13. Режим доступа: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00423110600867101>.
7. Qi Wang, Yi Zhang, Nian X. Sun, J. Gregory McDaniel, Ming L. Wang. High power density energy harvester with high permeability magnetic material embedded in a rotating wheel. Proc. SPIE 2012, Doi: 10.1117/12.916980.
8. Yang X. Finite element analysis and experimental investigation of tyre characteristics for developing strain based intelligent tyre system .University of Birmingham, PhD Thesis.2011. Режим доступа: <http://etheses.bham.ac.uk/3072/1/Yang11PhD.pdf>.
9. Wang Q. Pavement assessment using a dynamic pressure sensor system. Northeastern University Boston, Massachusetts, 2013, Phd thesis. Режим доступа: <https://repository.library.northeastern.edu/files/neu:1410/fulltext.pdf>.
10. Wang Q., McDaniel, J.G., Wang M.L. Dynamic Tire Pressure Sensor for Measuring Ground Vibration // Sensors 2012, 12, 15192–15205; doi: 10.3390/s121115192. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522959/pdf/sensors-12-15192.pdf>.
11. Wang Q., McDaniel J.G., Wang M.L. Feasibility investigations of dynamic tire pressure sensor in pavement assessment. J. Sound Vib. 2012, submitted.
12. Wang, Q.; McDaniel, J.G.; Wang, M.L. Effect of road profile on dynamic response of a vehicle using DTPS. ASTM Int. MPC 2012, submitted.
13. Xiong Y. In-plane Tire Deformation Measurement Using a Multi-Laser Sensor System, Aalto, Finland, University publication series doctoral dissertations.

Phd Thesis, 2016. Режим доступа: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20369/isbn9789526068039.pdf>.

14. Xiong Y., Tuononen A. A laser-based sensor system for tire tread deformation measurement. Aalto University, Finland. 2014. Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-0233/25/11/115103/pdf>.

## References

- Ryazantsev V.I., Al'salamekh Bal'sam. Stabilization of the vertical reaction of the road to the wheel when the vehicle moves along the periodic profile. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2016. No 4, pp. 57–65 (in Russ.).
- Vol'skaya N.S., Levenkov Ya.Yu., Rusanov O.A., Simulation of an automotive pneumatic tire that interacts with a hard uneven bearing surface. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn.* 2013. No 5, pp. 107–124 (in Russ.). DOI: 10.7463/0513.0571409.
- Ryosuke Matsuzaki, A Study On Intelligent Tires Based On Measurement Of Tire deformation. Tokyo institute of technology, Phd thesis. 2007. URL: <http://www.ginza.mes.titech.ac.jp/files/publications/Matsuzaki-2007-Thesis.pdf>.
- Yilmazoglu O, Brandt M, Sigmund J, Gene E, Hartnagel HL Integrated InAs/GaSb 3D magnetic field sensors for “the intelligent tire”, 2001, Volume 94, P 59-63. URL: [https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(01\)00700-2](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(01)00700-2).
- Mika J., Matilainen, Ari J. Tuononen. Intelligent tire to measure contact length in dry asphalt and wet concrete conditions Int. Symp. Advanced Vehicle Control (Seoul, 2012). URL: [https://users.aalto.fi/~atuonone/files/Mika\\_Matilainen\\_Tire\\_Technology\\_2013.pdf](https://users.aalto.fi/~atuonone/files/Mika_Matilainen_Tire_Technology_2013.pdf).
- Braghin F., Brusarosco M., Cheli F., Cigada A., Manzoni S., Mancosu F. Measurement of contact forces and patch features by means of accelerometers fixed inside the tire to improve future car active control. *Veh. Syst. Dyn.* 2006, V 44, P 3–13. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00423110600867101>.
- Qi Wang, Yi Zhang, Nian X. Sun, J. Gregory McDaniel, Ming L. Wang. High power density energy harvester with high permeability magnetic material embedded in a rotating wheel. *Proc. SPIE* 2012, Doi: 10.1117/12.916980.
- Yang X. Finite element analysis and experimental investigation of tyre characteristics for de-veloping strain based intelligent tyre system .University of Birmingham, PhD Thesis.2011. URL: <http://etheses.bham.ac.uk/3072/1/Yang11PhD.pdf>.
- Wang Q. Pavement assessment using a dynamic pressure sensor system. Northeastern University Boston, Massachusetts, 2013, Phd thesis. URL: <https://repository.library.northeastern.edu/files/neu:1410/fulltext.pdf>.
- Wang Q., McDaniel J.G., Wang M.L. Dynamic Tire Pressure Sensor for Measuring Ground Vibration // *Sensors* 2012, 12, 15192–15205; doi: 10.3390/s121115192. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522959/pdf/sensors-12-15192.pdf>.
- Wang Q., McDaniel J.G., Wang M.L. Feasibility investigations of dynamic tire pressure sensor in pavement assessment. *J. Sound Vib.* 2012, submitted.
- Wang Q., McDaniel J.G., Wang M.L. Effect of road profile on dynamic response of a vehicle using DTPS. *ASTM Int. MPC* 2012, submitted.
- Xiong Y. In-plane Tire Deformation Measurement Using a Multi-Laser Sensor System, Aalto, Finland, University publication series doctoral dissertations. Phd Thesis, 2016. URL: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20369/isbn9789526068039.pdf>.
- Xiong Y., Tuononen A. A laser-based sensor system for tire tread deformation measurement. Aalto University, Finland.2014. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-0233/25/11/115103/pdf>.

## PROBLEMS IN THE IMPLEMENTATION OF THE CONTROL SYSTEM FOR VERTICAL REACTIONS OF VEHICLE WHEELS

Dr.Eng. **V.I. Ryazantsev, Al'salamekh Bal'sam**, Ph.D. **Ya.Yu. Levenkov**  
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia,  
ryazantsev1@yandex.ru

*One of the new active safety systems of the automobile is a system for stabilizing the vertical reactions of the wheels when moving along a periodic profile. The effectiveness of this system largely depends on the success of measuring the values of the vertical reactions of the wheels of the vehicle in motion. The possibility of solving this problem is considered in the article. As a first method for determining the radial reaction in a tire, the method for estimating the radial force from the change in internal pressure in it is considered. Theoretical analysis of this problem based on solving the simplest models, as well as more advanced models using the finite element method, is presented in the article. Another method for determining the radial force in the tire is to measure the radial deformation of the tire in the area of the contact spot. Two methods for determining radial deformation of a tire are considered in the article. One way is to use laser technology. The laser sensor is fixed to the rim of the vehicle wheel, which ensures a constant measurement of radial deformation at one point of the rotating tire. The use of such a device in the system of stabilizing the vertical reactions of the wheels of the automobile is almost impossible, because the frequency of the desired signal is too small. A more advanced version of the measuring device with a gyroscope ensures the continuity of the direction of the laser beam at one point - the center of the contact spot. This ensures the continuity of measuring the radial deformation of the tire during the movement. Another way is to use an annular chamber with a fluid supported on a ring like a ring fixed on the rim of a so-called "safe" wheel. Increasing the pressure in the chamber during radial deformation of the tire makes it possible to evaluate it. Another method of continuous measurement of radial force on the wheel is associated with performing measurements of the vertical acceleration of the center of the wheel and the total force transferred by the suspension to the wheel of the vehicle.*

**Keywords:** radial tire response, stabilization of the vertical response of the wheel, intelligent tires