электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

# СТРУКТУРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ШУМА АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ

**# 12, декабрь 2016**

**Жеглов Л. Ф.[1,*], Фоминых А. Б.[1]**

УДК: 629.113.(075.8)

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
*sheglov.l.f@mail.ru

## Введение

Для повышения акустического комфорта, внутреннего или внешнего, необходимо определить доминирующие источники шума [1]. Что касается движущегося автомобиля, то в этом случае акустическое поле, создаваемое шиной, является основной составляющей его внешнего шума. В настоящее время одним их подходов снижения рассматриваемой составляющей является создание пористых покрытий дорожных поверхностей. Однако, в любом случае эффективность снижения шума, создаваемого шиной, будут зависеть от знания физических причин генерирования данным источником звуковой энергии. По нашему мнению, основополагающими материалами в этом направлении являются опубликованные в статье [2] результаты выполненных исследований в данной области. Известно несколько механизмов создания шума шиной [3-6]. В работе [7] даются рекомендации обратить внимание на структурную составляющую шума. В настоящей работе на основании проведенных экспериментальных исследований подтверждены ранее сделанные выводы [8] о структуре акустического поля шины. Показано, что ударные процессы при контакте элементов протектора с опорной поверхностью, которые трансформируются в вибрацию резинокордной оболочки шины, являются основными факторами, порождающие ее структурный шум.

## Стендовое оборудование. Результаты экспериментальных исследований

Исходными экспериментальными данными для оценки приоритета физических явлений формирования шума шиной являются стендовые и дорожные акустические испытания шин.

Основной акцент в данной работе сделан на стендовые испытания шин. Здесь рассматриваются вопросы шумообразования при качении автомобильного колеса по гладкому барабану обкаточного стенда фирмы «Hasbach». Частотный диапазон, в котором повышение уровня звукового давления в большинстве случаев вызваны импульсным воздействием, определялся по спектрам шума различных шин, полученных при воздействии от рисунка протектора (рис. 1).

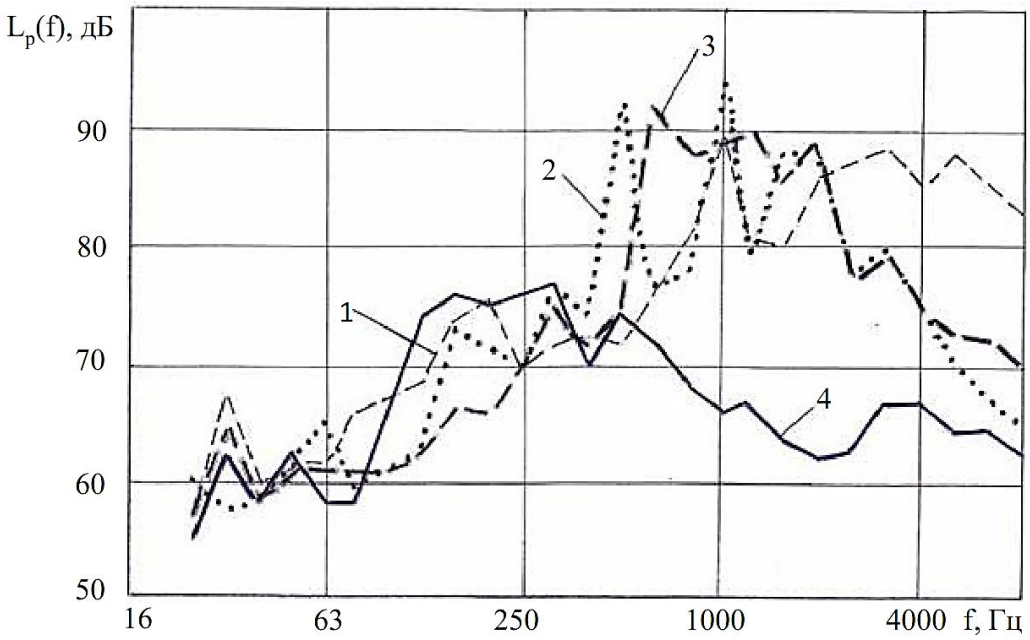



**Рис.1.** Третьоктавные спектры уровней звукового давления. Шина 165/70R13.v=100 км/ч:
1- модель 1; 2- модель 2; 3- модель 3; 4- без рисунка протектора

Аналогичный результат отмечен в работе [9, 10]. Из приведенных данных следует, что основная излучаемая энергия концентрируется в частотном диапазоне с центральной частотой 1000 Гц. Следует отметить, что при обработке исходного сигнала использовался метод синхронного усреднения [11].

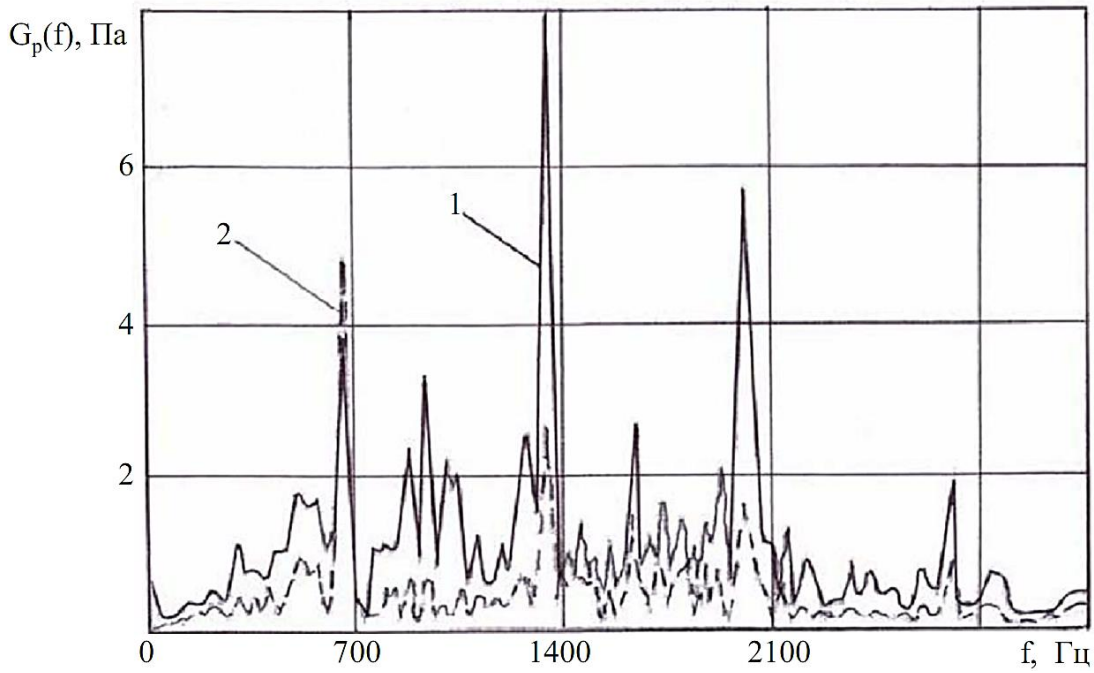



**Рис. 2.** Спектры звукового давления. Шина 165/70R13. v=100 км/ч:
1- синхронное усреднение; 2- синхронное усреднение по «возмущению»

С целью разложения регистрируемого звукового давления, которое содержит как реакцию динамической системы, так и составляющие входного сигнала, выделим каждую из них. Для этого используем разработанную модификацию метода синхронного усреднения

- метод синхронного усреднения по «возмущению». Выполняя, таким образом, обработку экспериментальной информации, удалось выделить акустическую реакцию шины на воздействие от рисунка протектора. Полученные спектры звукового давления показывают наличие составляющих от периодической последовательности рисунка протектора и их преобразование структурой шины в ее акустическое поле. Резонансные явления, которые усиливают возмущение и, тем самым, определяют уровень шума шины, могут быть отнесены к динамическим характеристикам ее резинокордной оболочки. Частотный диапазон, в котором повышение уровня звукового давления в большинстве случаев вызваны ударными явлениями, определялся по спектрам шума различных шин, полученных при воздействиях от рисунка протектора. Анализ данных спектров шума показывает, что рассматриваемый механизм излучения звука шиной формирует максимальное излучение энергии на частоте близкой к частоте 1400 Гц. Отметим, что максимальная реакция системы в первом и во втором случаях находятся в одной зоне частотной области.

Кроме проведенных измерений осуществлялась сравнительная оценка вибрационных и акустических характеристик гладкой шины (шины без рисунка протектора). Акустические испытания проводились, как и предыдущие, на барабанном стенде. Единичное возмущение на шину, моделирующее рисунок протектора, создавалось поперечными элементами. Данные элементы, в виде прямоугольной и клиновой накладки, устанавливались на протекторе шины. Используя, ранее представленную методику обработки экспериментальной информации, получили следующие данные (рис. 3).

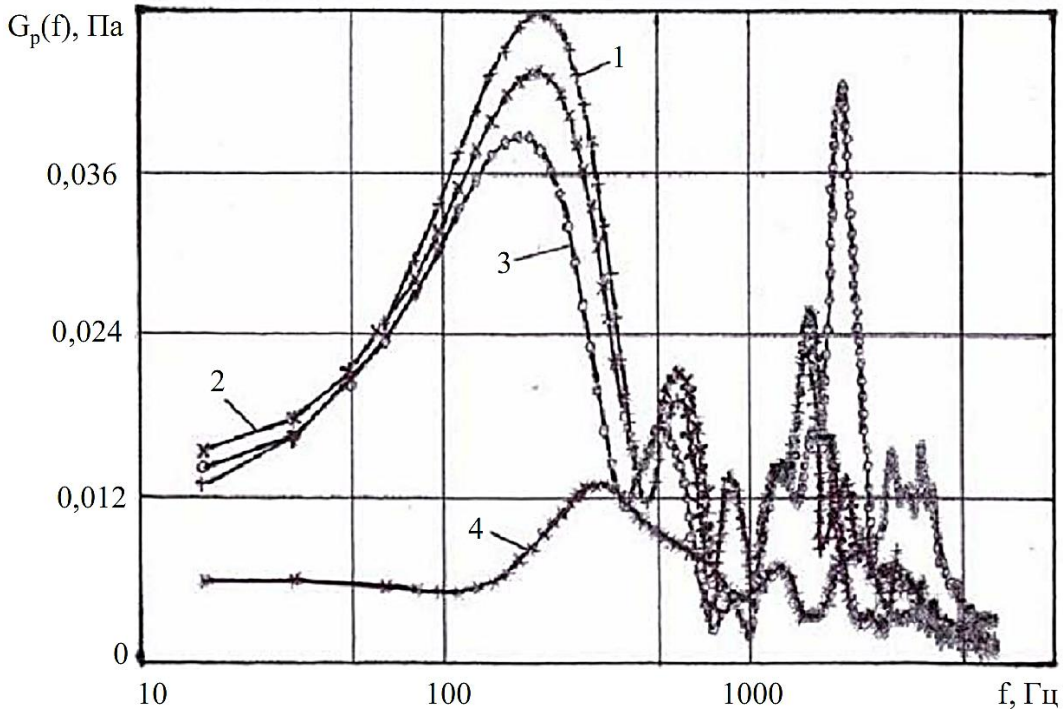



**Рис. 3.** Спектры звукового давления. Шина 195/60R15. v=80 км/ч:
1- прямоугольная накладка; 2- накладка - обратный клин; 3- накладка - прямой клин; 4 – без накладки

Вибрационные характеристики шины оценивались по результатам испытаний на разработанном стенде (рис. 4) с гладкой опорной поверхностью.

При данных измерениях, как и во всех других случаях, устанавливались номинальные статическая нагрузка на шину и давление воздуха в шине. Возмущение воздействие на шину задавалось как случайный процесс, в виде «белого шума», и прикладывалось в точке беговой дорожки на линии пятна контакта. Вибрация протектора и боковины оценивалась по виброускорениям в десяти точках каждого элемента конструкции шины. Последовательно изменяя положение датчика отклика системы в соответствии с тестируемой точкой боковины или беговой дорожки при постоянном положении датчика входного сигнала, определялись частотные характеристики шины.

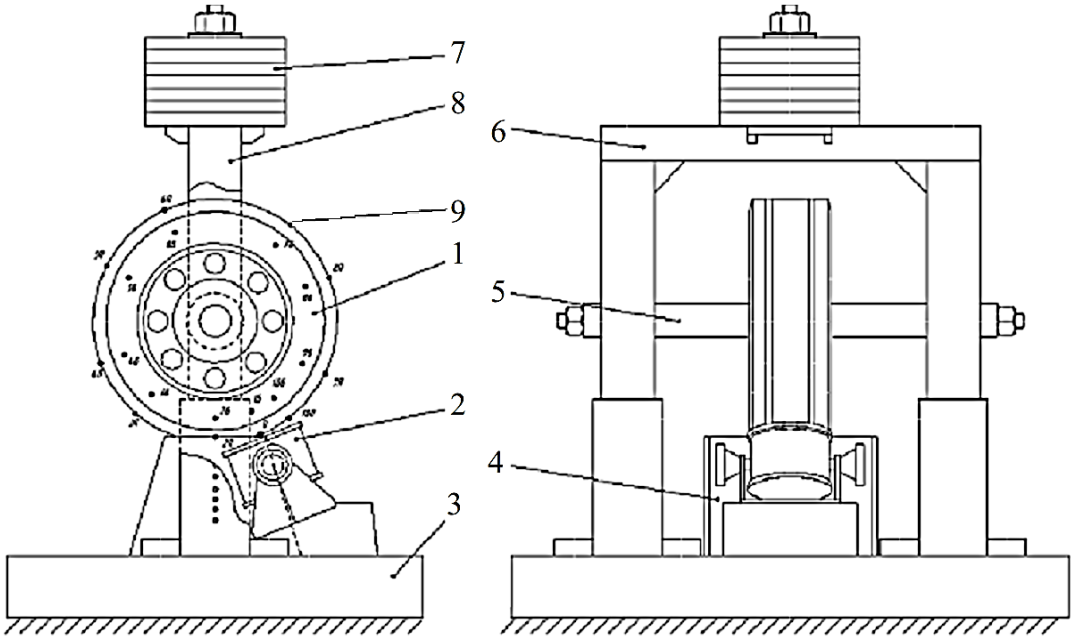



**Рис. 4.** Стенд для измерения вибрационных характеристик шины:
1 - шина; 2- электродинамический вибратор; 3- основание; 4- опора; 5-ось; 6- поперечина;
7- грузы; 8- стойка; 9- места установки датчиков виброускорений

По результатам измерений получены амплитудно-частотная характеристика системы и функция когерентности по каждому каналу измерений, используя частотное усреднение [12, 13]. Функция когерентности в рассматриваемом частотном диапазоне (50 - 3000 Гц) изменяется в пределах 0,8-1, что указывает на высокое качество анализируемых данных (рис.5).

Согласно проведенным исследованиям, полученные характеристики шины, как динамической системы показывают, что существует «жесткая» связь между вибрацией конструктивных составляющих шины и ее акустическими характеристиками.

Интерес для анализа акустических характеристик шины, как показывают приведенные данные, представляет частотный диапазон в области 500-2000 Гц. С этой целью был проанализирован отклик рассматриваемой систем на единичное и периодическое возмущение. В качестве единичного возмущения была принята единичная поперечная канавка шириной 8 мм (гладкая шина 195/60R15), а периодического - четыре симметричные продольные и поперечные канавки шириной 3,5 мм (гладкая шина 205/70R14). Вариант периодического возмущения осуществлялся также при следующем количестве поперечных ка-

навок: 2, 8, 16, 32, 64. Первые испытания проводились на стенде фирмы «Hasbach». Периодическое возмущение реализовывалось на обкаточном барабанном стенде ИПС-1 с обеспечением для испытаний требуемых акустических условий (рис. 6).

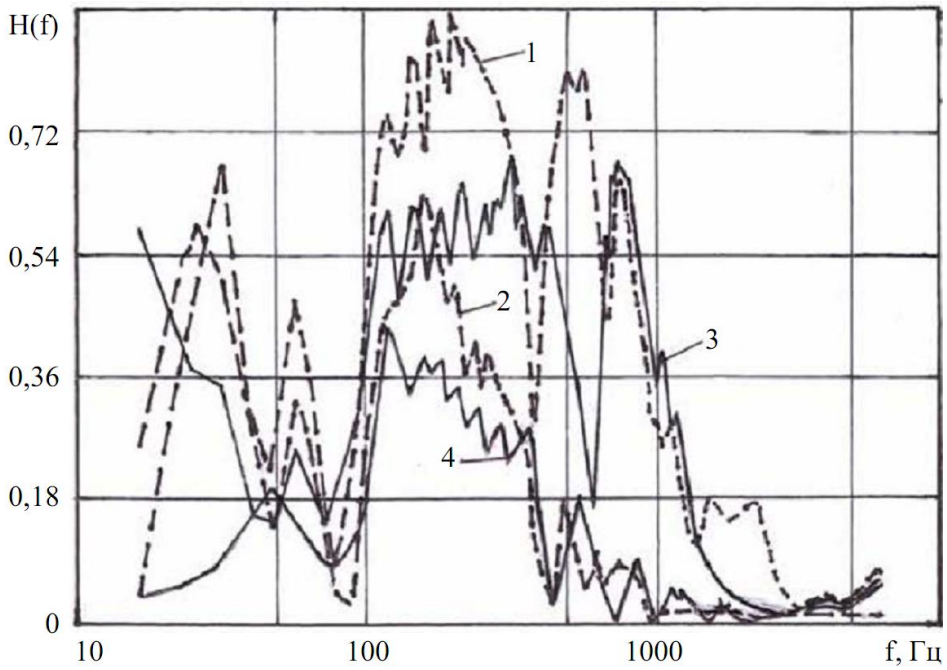



**Рис. 5.** Амплитудно-частотная характеристика. Шина 195/60R15: 1, 2 – протектор; 3, 4- боковина

Обработка полученных измерений по установленной методике при первом варианте возмущения (рис. 6) для всех скоростей качения колеса (60, 80, 100, 120, 140 км/ч) дает одинаковый частотный диапазон интенсивного излучения шиной акустической энергии. Аналогичный результат имеет при периодическом возмущении структуры шины катящегося колеса (рис. 7)




**Рис. 6.** Обкаточный барабанный стенд ИПС-1: 1 - шина; 2 - барабан со специальным покрытием; 3 -нарезка канавок; 4 - имитатор дорожной поверхности; 5 - микрофон; 6 - звукопоглощающее покрытие; 7 - датчик оборотов шины

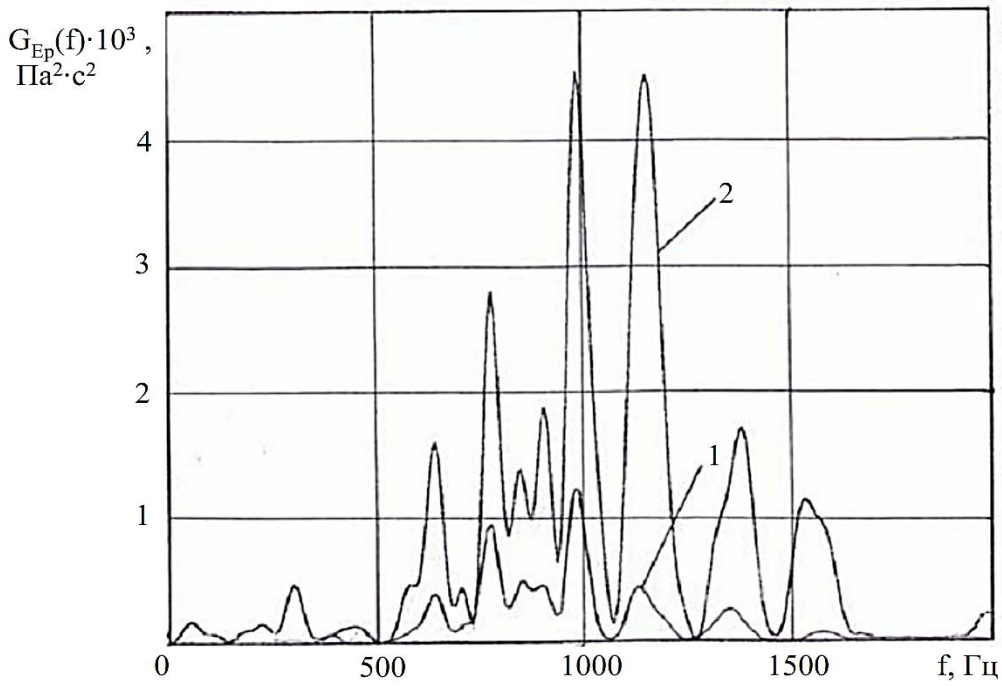



**Рис. 7.** Спектральные плотности энергии звукового давления при качении колеса со скоростью, Шина 195/60R15: 1-100 км/ч; 2- 140 км/ч

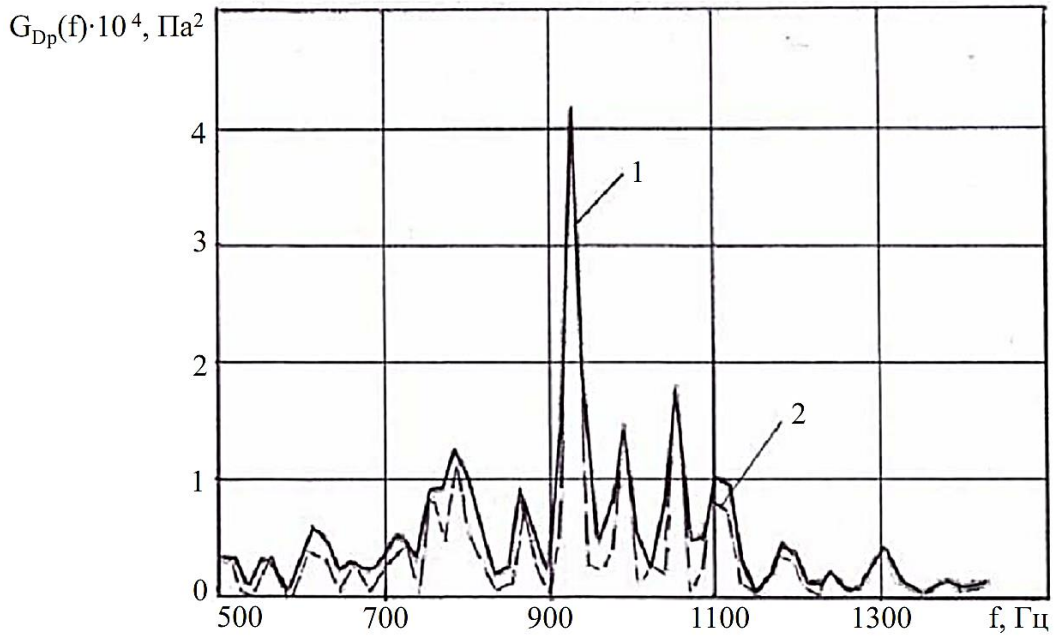



**Рис. 8.** Спектры звукового давления. Шина 205/70R14. v=110 км/ч: 1 - прямоугольное окно; 2 - окно Ханна

## Заключение

Согласно результатам проведенных экспериментальных исследований, установлено:

- основной компонентой шума шины является структурная составляющая, как результат преобразования энергии вибрации в звуковую энергию;

- определен частотный диапазон (500-2000 Гц с центральной частотой 1000 Гц), в котором сосредоточена значительная часть звуковой энергии, генерируемая шиной.

## Список литературы


[1]. Галевко Ю.В., Тюрин В.П., Иванова Т.В., Елесин А.Н., Попов Ю.Н. Акустическая настройка автомобиля для повышения его комфортабельности // Журнал Автомобильных Инженеров. М.: ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС». 2009. №5 (58). С. 22-25.

[2]. Willian A. Leasure Jr., Erich K. Bender. Tire-road interaction noise / The Journal of the Acoustical Society of America. July 1975. Vol. 58. No1. P. 39-50. DOI: 10.1121/1.380662

[3]. Зайцев П.В., Бочаров Н.Ф., Бухин Б.Л. Шум автомобильной шины. М.: ЦНИИТЭИ нефтехим. 1984. 64 с.

[4]. Sandberg U. Tire/road noise - Studies of the mechanisms of noise generation, methods of measurement and road surface characterization. Dissertation. No.166. Linkoping University. Linkoping. Sweden. 1987. 162 p.

[5]. Гент А.Н., Уолтер Дж.Д. Пневматическая шина. / Перевод с английского под редакцией О.Н. Мухина. М.: «НТЦ НИИШП». 2015. 746 с. [Pneumatic tire / A. N. Gent, J. D. Walter. 2006. 480 p.]

[6]. Eisenblaetter J., Walsh S.J., Krylov V.V. Air-related mechanisms of noise generation by solid rubber tyres with cavities // Applied Acoustics. Elsevier. 2010. № 71(9). P. 854-860.

[7]. Нельсон П.М., Форд Р.Д., Буна Б. и др. Шум на транспорте. / Перевод с английского К.Г. Бомштейна. Под редакцией: В.Е. Тольского, Г.В. Бутакова, Б.Н. Мельникова. М.: Транспорт. 1995. 368 с.

[8]. Жеглов Л.Ф., Сухоруков В.А., Комкин А.И. Экспериментальная оценка виброакустических свойств автомобильной шины // Техническая акустика. Т. III. Выпуск 3-4 (9-10). Санкт-Петербург.: Известия восточно-европейской ассоциации акустиков. 1994. С. 12-13.

[9]. Fabienne Anfosso-Ledee, Yves Pichaud. Temperature effect on tyre-road noise // Applied Acoustics. Elsevier. 2007. Vol. 68. Is. 1. P. 1-16. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.06.001

[10]. Krister Larssjn, Stephane Barrelet, Wolfgang Kropp. The modeling of the dynamic behavior of tire tread blocks // Applied Acoustics. Elsevier. 2002. Vol. 63. Is. 6. P. 659-677. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0003-682X(01)00059-7

[11]. Серебрянников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: Наука. 1965. 244 с.

[12]. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир. 1989. 540 с.

[13]. Tatsuo Fujikawa, Hiroshi Koike, Yasuo Oshino, Hideki Tachibana. Definition of road roughness parameters for tire vibration noise control // Applied Acoustics. Elsevier. 2005. Vol. 66. Is. 5. P. 501-512. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.08.007

[14]. Жеглов Л.Ф. Прогнозирование акустических показателей автомобильных шин. Техническое обеспечение экспериментальных исследований // «Наука и образование». МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2011. №8.