

**DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-115-124**

**УДК 656.2-027.45**

## **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА АВТОТРАНСПОРТА**

*Швецов А.В., Дороничев А.В., Кузьмина Н.А.*

*Снижение шума генерируемого автотранспортом остается важной задачей развития транспортного комплекса. Автотранспортный шум является одной из причин нагрузки на здоровье современного человека в условиях современных мегаполисов. При этом технические решения направленные на решение данной задачи должны учитывать экономические ограничения вызванные конкурентоспособностью продукции автопроизводителя на рынке. Необходимость снижения шума генерируемого автотранспортом установлена рядом международных нормативно-правовых документов. Кроме того снижение шума автотранспорта является одним из направлений создания комфортной и безопасной среды.*

***Цель:** проанализировать основные источники шума, генерируемые автотранспортным средством, а также методы его сокращения.*

***Методы:** используются синтез, индукция и дедукция, сравнение, обобщение и другие научные методы исследования.*

***Результаты:** предложены мероприятия, позволяющие снизить шум автотранспортного средства в диапазоне на 17-25%.*

***Область применения результатов:** результаты работы могут быть использованы при разработке систем снижения транспортного шума в города и при городском планировании, в частности при выборе состава и места размещения шумозащитных заграждений.*

***Ключевые слова:** транспорт; шумовое воздействие; снижение*

## **METHODS TO REDUCE VEHICLE NOISE**

*Shvetsov A.V., Doronichev A.V., Kuzmina N.A.*

*Reducing the noise generated by vehicles remains an important task for the development of the transport complex. Road traffic noise is one of the*

*causes of the burden on the health of a modern person in the conditions of modern megalopolises. At the same time, technical solutions aimed at solving this problem must take into account the economic constraints caused by the competitiveness of the automaker's products in the market. The need to reduce the noise generated by vehicles is established by a number of international regulatory documents. In addition, reducing the noise of vehicles is one of the ways to create a comfortable and safe environment.*

**Purpose:** *To analyze the main sources of noise generated by a vehicle, as well as methods for its reduction.*

**Methods:** *synthesis, induction and deduction, comparison, generalization and other scientific research methods are used.*

**Results:** *proposed measures to reduce the noise of a vehicle in the range of 17-25%.*

**Field of application of the results:** *the results of the work can be used in the development of systems for reducing traffic noise in cities and in urban planning, in particular, when choosing the composition and location of noise barriers.*

**Keywords:** *transport; noise impact; decline*

## **Введение**

Современный транспорт является одним из основных факторов техногенных угроз в современном обществе [1-16]. Так, именно автотранспорт в настоящее время одним из основных источников шумового загрязнения в городах, при этом основным типом автомобильного шума является аэродинамический шум [16].

Необходимость анализа источников происхождения аэродинамического автотранспортного шума, для целей разработки новых методов его снижения, обуславливается в первую очередь необходимостью сохранения здоровья людей живущих в районах с насыщенным автомобильным трафиком.

## **Анализ шума генерируемого автотранспортным средством**

Аэродинамический шум при работе двигателя автомобиля возникает, прежде всего, вследствие колебания давления отработан-

ных газов, а так же в результате работы системы охлаждения двигателя.

Замеры, выполненные переносным шумомером на расстоянии 10 сантиметров от точек замера в системе газообмена легкового автомобиля Toyota Corona (рис. 1, 2), позволили выявить элементы с максимальным уровнем шума (табл. 1).

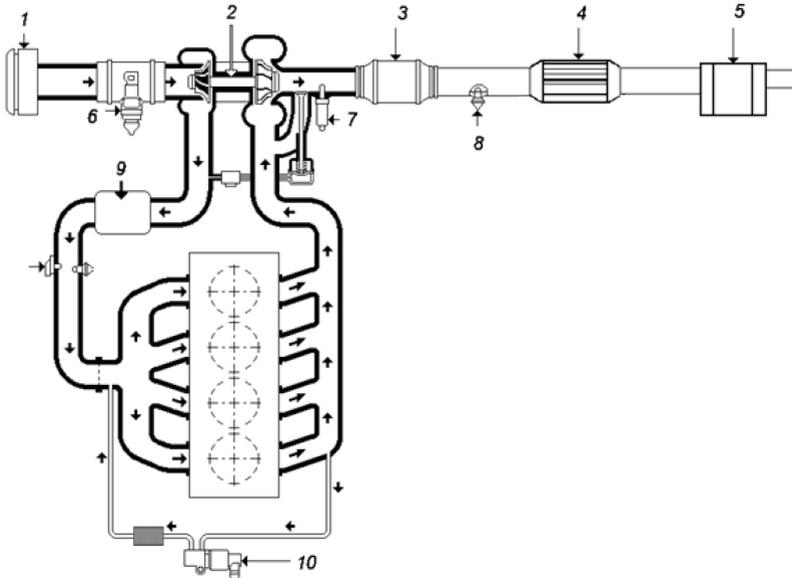


**Рис. 1.** Легковой автомобиль Toyota Corona

*Таблица 1.*

**Основные источники аэродинамического шума в автомобиле**

№ п/п	Элементы системы газообмена	Элементы с максимальным уровнем шума (+)
1.	Воздушный фильтр	91 дБА
2.	Турбокомпрессор	87 дБА
3.	Катализатор	75 дБА
4.	Сажевый фильтр	69 дБА
5.	Глушитель	65 дБА
6.	Датчик расхода воздуха	69 дБА
7.	L-зонд	74 дБА
8.	Датчик температуры выхлопных газов	75 дБА
9.	Охладитель надувочного воздуха	75 дБА
10.	Клапан рециркуляции отработавших газов	93 дБА



**Рис. 2.** Точки замера аэродинамического шума в системе газообмена двигателя легкового автомобиля (нумерация соответствует нумерации в табл. 1)\*

\* При подготовке рисунка использовался графический шаблон системы газообмена из источника (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

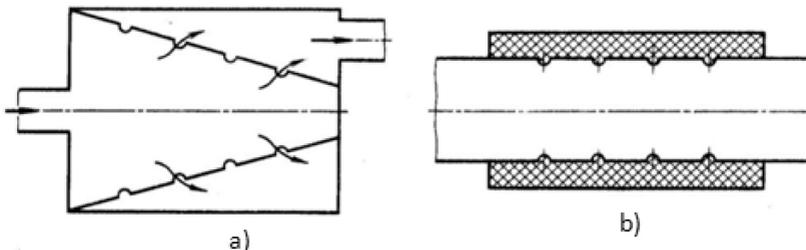
### Методы снижения шума

Проведенные замеры показали, что на основные шумопоглощающие элементы системы газообмена приходится 50% поглощения аэродинамического шума от работающего двигателя автомобиля, в том числе на воздухоочистители 23%, и на глушители выпуска 27%, прежде всего с частотой  $> 600$  Гц. Аэродинамический шум спектра  $< 500$  Гц при этом снижается не достаточно эффективно.

Снижения аэродинамического шума спектра  $< 500$  Гц может быть реализовано при увеличении структурного объема линий газообмена, либо за счет установки в систему глушащих конструктивных элементов, в том числе:

1) активных глушителей (рис. 3), которые трансформируют шум в тепловую энергию за счет прохождения звуковых волн че-

рез сетки и перфорированные листы из теплостойких сплавов, а также звукопоглощающие материалы [16].

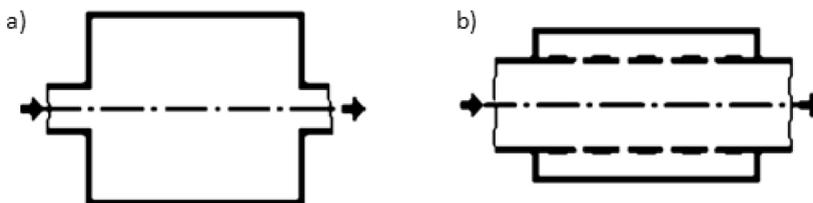


**Рис. 3.** Активный глушитель: а – с перфорированным корпусом; б – со звукопоглощающим материалом.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

Проведенные замеры показали, что эффективность глушителя с перфорированными листами выше, чем у глушителя со звукопоглощающим материалом на 15-20%.

2) реактивных глушителей. Данный тип глушителей состоит из одной или нескольких расширительных камер или ряда резонансных камер (рис. 4), в которых амплитуда колебаний газа снижается от расширения потока выхлопных газов и резонанса [16].



**Рис. 4.** Реактивный глушитель: а – с расширительной камерой; б – с резонансными камерами.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

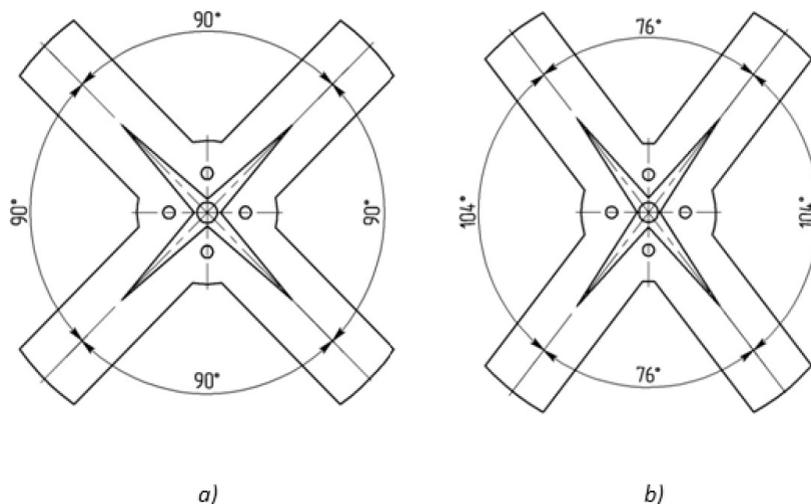
Проведенные замеры показали также, что применение гибридного глушителя с элементов обоих типов позволит добиться показателя снижения шума на 15-20% больше чем у стандартного глушителя.

Помимо системы газообмена в автомобиле вторым основным источником шума является система охлаждения двигателя. Так,

вентиляторы в системе охлаждения, являются источником шума, уровень которого равен 30-35% уровня шума двигателя.

Наибольший уровень шума создается в двигателях с воздушной системой охлаждения, проведенные замеры показали, что шум такой системы превосходит на 25-35% шум в двигателях с системой жидкостного охлаждения, причиной этого является применение более мощных вентиляторов.

Снижение шумовой нагрузки создаваемой вентилятором системы охлаждения двигателя на 25-35% достигается путем применения вентилятора с неравномерным шагом лопастей (рис. 5).



**Рис. 5.** Вентилятор системы охлаждения:

а) с равномерным шагом лопастей; б) с неравномерным шагом лопастей.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

### Обсуждение

Комплексное применение рассмотренных методов снижения шума позволит увеличить эффективность снижения аэродинамического шума источником которого является система газообмена двигателя легкового автомобиля на 17-25%.

## **Выводы**

Анализ источников шума от работающего автомобиля, и возможных инструментов его снижения показывают, что существующие инструменты позволяют создать систему снижения шума с заглушающей способностью достигающей ~70...80 дБА (с 90...100 дБА до 20...30 дБА).

Ограничением при этом в настоящий момент является необходимость обеспечить приемлемые габариты и массу устройств снижения шума автомобиля, а также фактор снижения экономичности двигателя.

**Информация о конфликте интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

## *Список литературы / References*

1. Alsamhi SH, Ma O, Ansari MS. Convergence of Machine Learning and Robotics Communication in Collaborative Assembly: Mobility, Connectivity and Future Perspectives. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. Springer Science and Business Media LLC; 2019 Oct 16. <http://dx.doi.org/10.1007/s10846-019-01079-x>
2. Minucci F, Vinogradov E, Sallouha H, Pollin S. UAV Location Broadcasting with Wi-Fi SSID. 2019 Wireless Days (WD). *IEEE*, 2019 Apr. <http://dx.doi.org/10.1109/wd.2019.8734208>
3. Shvetsov AV. The Stakeholders of Transport Infrastructure as an Element of the Transport Security System. World of Transport and Transportation. *FSBEO HPE Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)*; 2020 Dec 7, vol. 18, no. 1, pp. 244–57. <http://dx.doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-244-257>
4. Shvetsov A, Afanasyev L, Kokieva G. Optimization of Costs for Freight Transportation Across the River. Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Springer Singapore; 2020 Dec 24, pp. 226–35. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_23)

5. Shvetsov A, Kokieva G. Transport security: analysis and comparison of existing approaches. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020 Nov 27, vol. 953, 012076. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/953/1/012076>
6. Shvetsov A, Balalaev A, Grivanova O, Kokieva G, Varlamova L. Transportation safety in an urban condition. Rudoy D, Murgul V, editors. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019, vol. 135, 02004. Available from: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/201913502004>
7. Kanzaki A, Akagi H. A UAV-Collaborative Sensing Method for Efficient Monitoring of Disaster Sites. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, 2019 Mar 15, pp. 775–86. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15032-7\\_65](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15032-7_65)
8. Jun-yan L, Zhuo-ning D, Meng-yue Z. A fuzzy virtual force based approach to multiple UAVs collaborative path planning. *Proceedings of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference. IEEE*, 2014 Aug. <http://dx.doi.org/10.1109/cgnc.2014.7007381>
9. Saleem Y, Rehmani MH, Zeadally S. Integration of Cognitive Radio Technology with unmanned aerial vehicles: Issues, opportunities, and future research challenges. *Journal of Network and Computer Applications*. Elsevier BV, 2015 Apr, vol. 50, pp. 15–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2014.12.002>
10. Popescu, Stoican, Stamatescu, Chenaru, Ichim. A Survey of Collaborative UAV–WSN Systems for Efficient Monitoring. *Sensors. MDPI AG*, 2019 Oct 28, vol. 19, no. 21, pp. 4690. <http://dx.doi.org/10.3390/s19214690>
11. Schroeder K, Song Y, Horton B, Bayandor J. Investigation of UAS Ingestion into High-Bypass Engines, Part 2: Parametric Drone Study. 58th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2017 Jan 5. <http://dx.doi.org/10.2514/6.2017-0187>
12. Shvetsova SV, Shvetsov AV. Safety Analysis of Goods Transportation by Unmanned Aerial Vehicles. *World of Transport and Transportation. FSBEU HPE Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)*, 2020, vol. 17, no. 5, pp. 286–297. <http://dx.doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-286-297>

13. Alsamhi S, Ma O, Ansari M, Gupta S. Collaboration of Drone and Internet of Public Safety Things in Smart Cities: An Overview of QoS and Network Performance Optimization. *Drones. MDPI AG*, 2019 Jan 27, vol. 3, no. 1, pp. 13. <http://dx.doi.org/10.3390/drones3010013>
14. Sciancalepore S, Ibrahim OA, Oligeri G, Di Pietro R. Detecting Drones Status via Encrypted Traffic Analysis. *Proceedings of the ACM Workshop on Wireless Security and Machine Learning - WiseML 2019*. ACM Press, 2019. <http://dx.doi.org/10.1145/3324921.3328791>
15. Kirschstein T. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Elsevier BV, 2020 Jan, vol. 78, 102209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2019.102209>
16. Sergeev N.V. *Silovyye agregaty: Konspekt lektsiy* [Power units: Lecture notes]. Zernograd, 2015.

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Швецов Алексей Владиславович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных процессов и технологий; доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; Северо-Восточный Федеральный Университет ул. Гоголя, 44, г. Владивосток, 690000, Российская Федерация; ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Российская Федерация*  
*transport-safety@mail.ru*

**Дороничев Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортных процессов и логистика»

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения ул. Серьшева, 47, г. Хабаровск, 680038, Российская Федерация*  
*unir@festu.khv.ru*

**Кузьмина Наталья Александровна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность на транспорте»

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения*

*ул. Серышева, 47, г. Хабаровск, 280021, Российская Федерация  
kuzminaprepodavatel@mail.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Alexey V. Shvetsov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technologies; Associate Professor of the Department of Operation of Automobile Transport and Car Service

*Vladivostok State University of Economics and Service;  
North-Eastern Federal University*

*44, Gogol Str., Vladivostok, 690000, Russian Federation; 58,  
Belinsky Str., Yakutsk, 677000, Russian Federation*

*transport-safety@mail.ru*

*ORCID: 0000-0001-5165-2816*

**Alexander V. Doronichev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Technology of Transport Processes and Logistics

*Far Eastern State Transport University*

*47, Serysheva Str., Khabarovsk, 280021, Russian Federation*

*kuzminaprepodavatel@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-0598-4335*

**Natalya A. Kuzmina**, Associate Professor of the Department “Organization of Transportation and Transport Safety”, Candidate of Pedagogical Sciences

*Far Eastern State Transport University*

*47, Serysheva Str., Khabarovsk, 280021, Russian Federation*

*kuzminaprepodavatel@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-0598-5422*