

УДК 628.517.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ ВПУСКА ДЛЯ ШУМОВОЙ ДОВОДКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

© 2011 Р. Н. Старобинский, М. А. Мещерякова, А. Г. Назаров, А. В. Соколов

Тольяттинский государственный университет

Показано, что установка мембранного блока с набором собственных частот мембран, распределённых в области низших гармоник шума впуска, является эффективным средством избирательного повышения уровня звука первых гармоник шума впуска и позволяет на порядки усилить уровни полезных информационных сигналов, излучаемых системой впуска в моторный отсек автомобиля. Метод может быть использован для улучшения шумового оформления звука в салоне автомобилей высокого класса и для повышения безопасности вождения автомобиля.

Шум, комфорт, автомобиль, салон, система впуска, «импрессор», безопасность.

Введение

Устройства, использующие колебания давления в системе впуска для создания звукового информационного сигнала в кабине водителя транспортного средства (импрессоры), считаются в настоящее время наиболее перспективными для обеспечения непрерывного акустического мониторинга водителем режима работы двигателя [1 - 3]. Обычно они присоединены к одному из воздушных патрубков системы впуска и возбуждаются колебаниями давления в патрубке (рис. 1). Колебания давления во входном патрубке возбуждают звуковые колебания мембраны, которые через выходной патрубок передаются или в моторный отсек МО [7, 8], или непосредственно в пассажирское пространство транспортного средства ТС [4 - 6].

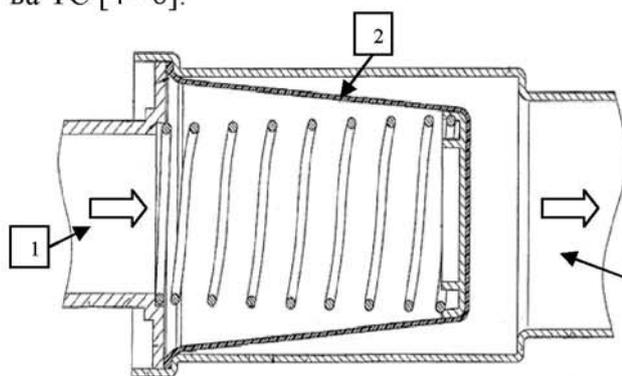


Рис. 1. Импрессор по патенту Woco US2008135330:
1 – входной канал «импрессора»; 2 – мембрана «импрессора»; 3 – выходной канал «импрессора»

Амплитуды колебаний давления в воздушном патрубке, в зоне присоединения

импрессора, практически не зависят от наличия импрессора, а впускная труба является по отношению к импрессору источником колебаний давления постоянной амплитуды. При присоединении импрессора к системе в зоне низкого давления всасываемого воздуха, особенно для двигателей с турбонаддувом, независимые от установки импрессора уровни звукового давления первых гармоник в точке «отбора» невысоки и, как правило, оказываются недостаточными для создания полноценного спортивного имиджа автомобиля [2]. Идея предлагаемого в настоящей работе метода и устройств, напротив, состоит в том, чтобы вовлечь воздух и во впускном патрубке, и в воздухоочистителе в процесс интенсивных резонансных колебаний и за счёт этого существенно повысить акустическую мощность полезного информационного звука в информационном диапазоне частот.

Принципиальная схема исследуемой системы

Принципиальная схема исследуемой системы впуска представлена на рис. 2. Она содержит впускную трубу, по которой осуществляется забор (обычно заборный) холодного воздуха в двигатель; воздухоочиститель, который с точки зрения воздушных колебаний низких частот может рассматриваться как акустическая ёмкость, и источник звуковых волн с амплитудой колебательного расхода (q_1), возбуждаемый от цилиндров, расположенный на входе промежуточного патрубка в воздухоочиститель.

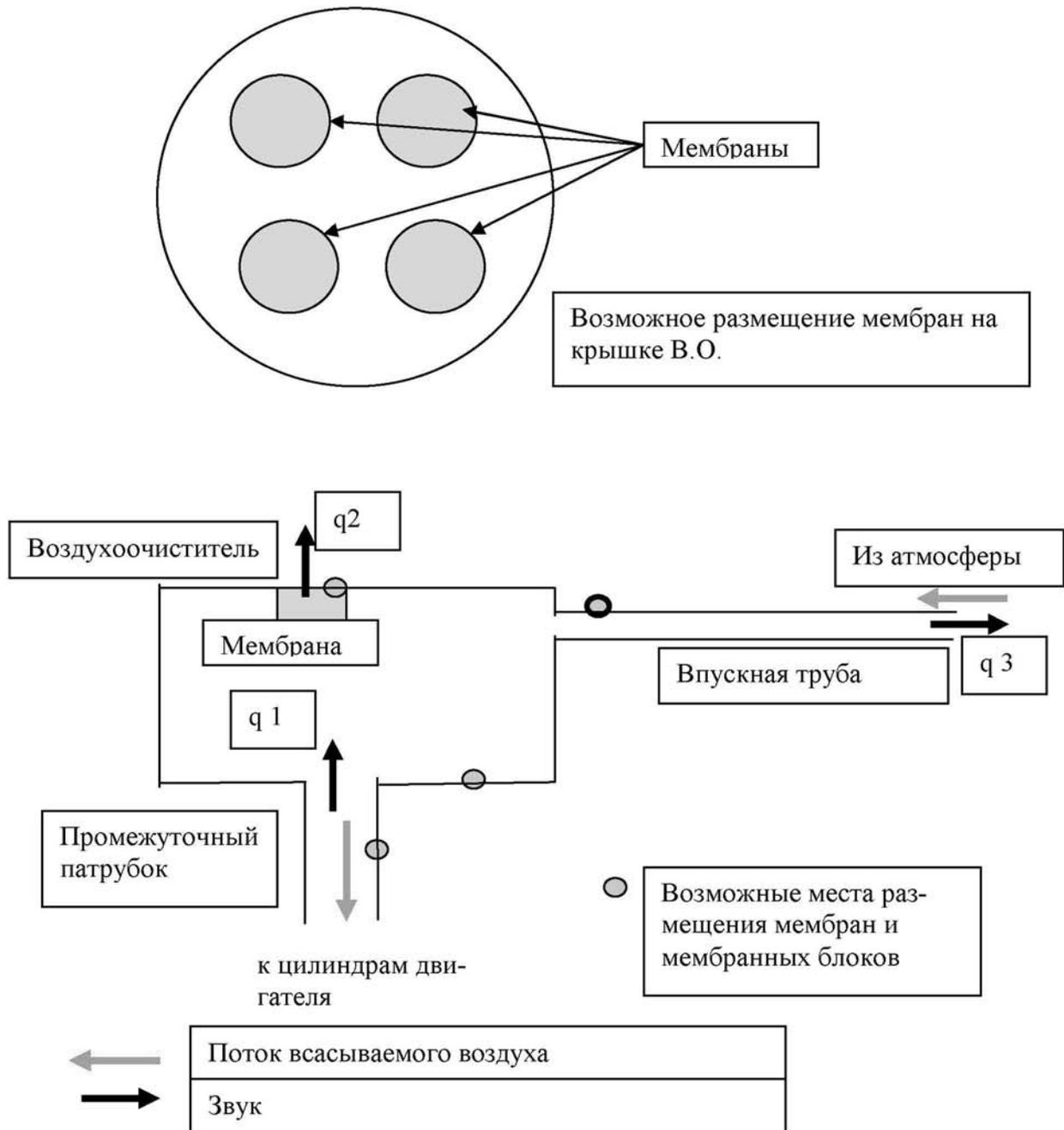


Рис. 2. Принципиальная схема системы впуска с мембранными элементами

Амплитуда колебаний объёмной скорости q_1 в волнах, набегающих со стороны цилиндров, принимается не зависимой от колебаний давления в воздухоочистителе (обычно сравнительно малых), т.е. источник q_1 рассматривается ниже как источник колебательного расхода с внутренним сопротивлением, равным волновому акустическому сопротивлению промежуточного патрубка. На крышке воздухоочистителя размещены мембраны, которые рассматри-

ваются как одномерные механические осцилляторы. В совокупности с колеблющимся столбом воздуха во впускной трубе и воздухом в воздухоочистителе (воздушной пружинной) они образуют колебательную систему, передача которой по колебательной объёмной скорости определяется ниже как $B_{21} = q_2 / q_1$ и $B_{31} = q_3 / q_1$.

Расчётная акустомеханическая модель системы представлена на рис. 3.

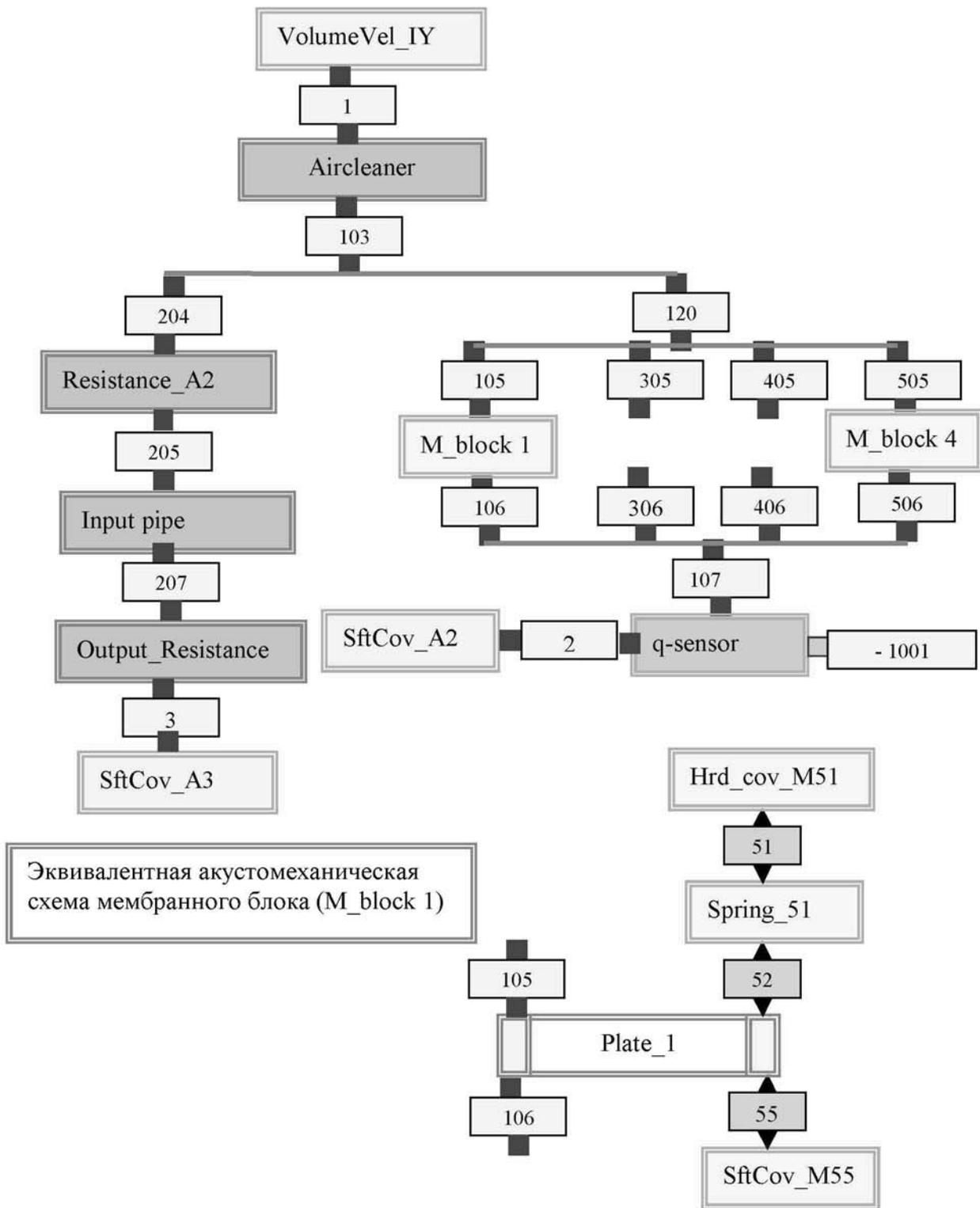


Рис. 3. Расчётная акустомеханическая модель системы впуска с четырьмя мембранами

Акустическая часть модели включает источник колебательной объёмной скорости (VolumeVel_IY), акустические волноводы (Input pipe, Aircleaner), акустические сопротивления (Resistance), акустические крышки, имитирующие граничные условия

(SftCov_A3 и SftCov_A2), акустические тройники (узлы), описывающие граничные условия в соединениях элементов (например, узел между сечениями 120, 105, 305, 405 и 505). Механическая часть включает пружины (Spring_51,), механические крыш-

ки описывающие условия крепления механических элементов (Hrd_cov_M51, SftCov_M55, ...) и пластины, обладающие массой и являющиеся одновременно акустомеханическими преобразователями (Plate_1, ...).

Одним из типичных требований к передаче информационного звука в пространство моторного отсека через мембранный блок является обеспечение передачи, близкой по характеру к полосовому фильтру в полосе частот основных гармоник. Для этого полюсы передаточных функций выстраивают в логарифмическую последовательность по частоте (возможны и другие варианты в зависимости от требований заказчика к комфортному звуку). В большинстве случаев для реализации такого расположения полюсов оказывается достаточным выстроить соответствующую последовательность для собственных частот мембран образующих мембранные блоки. Собствен-

ные частоты мембран целесообразно выбирать из соотношений:

$$f_n = f_{\text{имп}} 2^{-tB/2},$$

где $t = \frac{2n-1}{m} - 1$;

$f_{\text{имп}}$ – центральная частота полосы настройки;

B – ширина планируемой полосы пропускания в октавах;

m – число мембран;

n – порядковый номер мембраны.

Оптимальные добротности механических колебательных систем определяются компромиссом между желательной степенью сглаженности передачи и максимальными коэффициентами усиления передачи путём расчётного моделирования модели. Типичные усиления колебательного объёмного расхода мембранами, установленными на крышке воздухоочистителя, приведены на рис. 4.

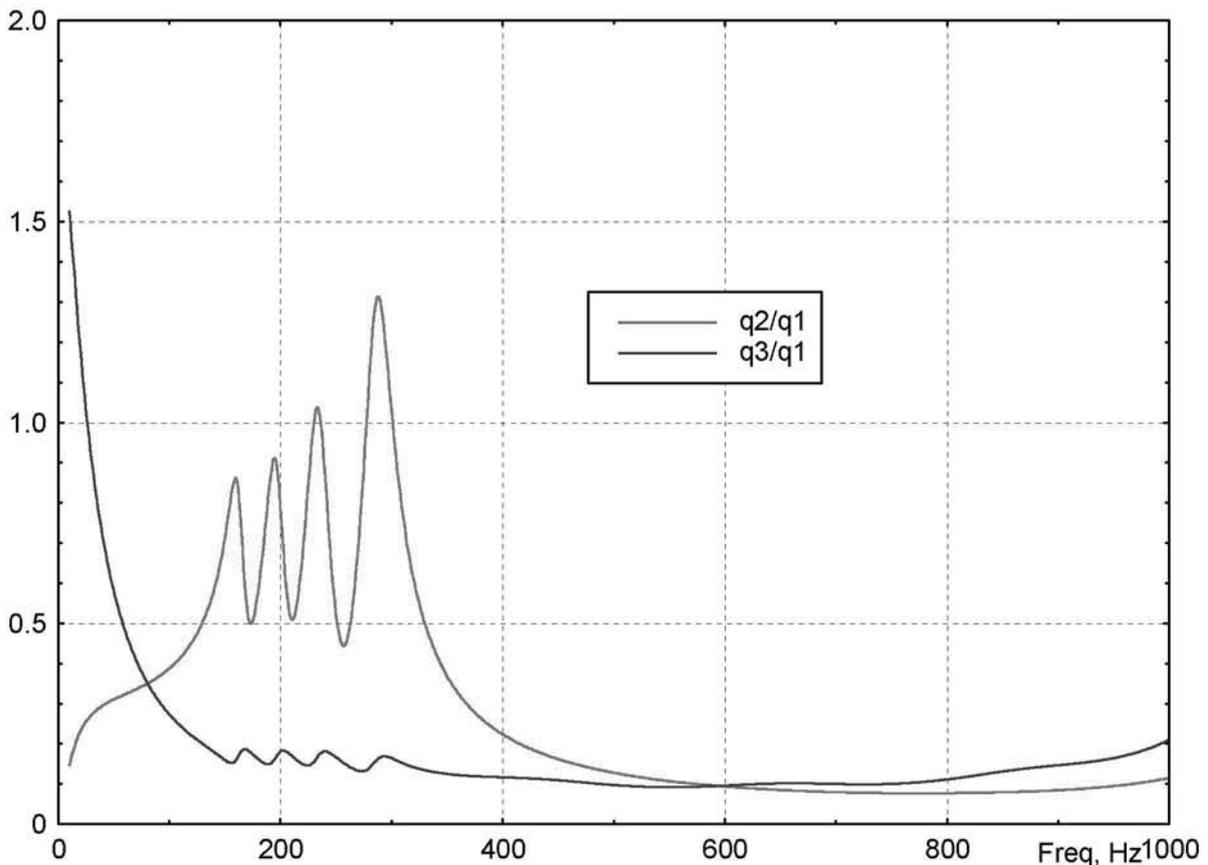


Рис. 4. Сравнение колебательных объёмных расходов, передаваемых через мембранный блок (q_2 / q_1) и через впускную трубу (q_3 / q_1)

Выводы

Показано, что установка мембранного блока с набором собственных частот мембран, распределённых в области низших гармоник шума впуска, является эффективным средством избирательного повышения уровня звука первых гармоник шума впуска и позволяет на порядок усилить уровни полезных информационных сигналов, излучаемых системой впуска в моторный отсек автомобиля. Метод может быть использован для улучшения шумового оформления звука в салоне автомобилей высокого класса и для повышения безопасности вождения автомобиля.

Результаты работы могут быть востребованы предприятиями, научно-исследовательскими учреждениями, научно-образовательными центрами, занимающимися разработкой и производством автотранспортных средств с минимальным вредным шумовым воздействием на окружающую среду и на пассажиров, а также разработчиками легковых автомобилей класса «люкс» с повышенными требованиями к звуковому комфорту и безопасности их эксплуатации.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-образовательные кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Библиографический список

1. О некоторых новых тенденциях шумовой доводки легковых автомобилей [Текст] / Р.Н. Старобинский, И.В. Малкин, А.В. Краснов [и др.] .
2. Sound-Engineering an aufgeladen Motoren / A. Enderich, K. Brodessaer, L. Fröhlich, S. Bender // 26. Int. Wiener Motorensymposium 2005, Österreich.
3. Hofmann, M. Konzept zur gezielten Beeinflussung des Geräuschcharakters von Fahrzeugen / M. Hofmann, R. Helber // Fortschritte der Akustik, DAGA - Hamburg – 2001.
4. Vorrichtung zur Geräuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10042012 B2 / R. Helber, M. Hofmann, H. Müller, R. Starobinski; publ. 19.08.2004.
5. Vorrichtung zur Geräuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10212257 B4 / M. Hofmann, R. Starobinski, H. Striebel; publ. 26.08.2004.
6. Device for establishing noise in a motor vehicle: patent US7188703 B2/ M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 13.03.2007.
7. Sound increase apparatus: patent EP1736349 A1 / Hiroyuki, A. Hiromichi, S. Akira, S. Masashi, S. Yuta; publ. 16.05.2006.
8. Sonic coupling between an intake tract or engine compartment and the interior of a motor vehicle: patent US2008135330 / Dr. Anton Wolf; publ. 12.06.2008.

USING OF RESONANCE OSCILLATIONS IN INTAKE SYSTEM FOR A CAR NOISE TUNING

© 2011 R. N. Starobinski, M. A. Mescheriakova, A. G. Nazarov, A. V. Sokolov

Togliatti State University

The acoustical-mechanical system for creating of informative sound in passenger compartment based on resonance excitation in car intake system is considered. It is shown that acoustical connection of aircleaner cavity with engine compartment by membranes and an involving in oscillations of air masses and volumes inside an intake system allows effective increasing of informative sound of the first harmonics radiating into engine and passenger compartments.

Noise, comfort, car, passenger compartment, intake system, exhaust system, «impressor», safety.

Информация об авторах

Старобинский Рудольф Натанович, доктор технических наук, профессор, «Prof. R. Starobinski. Silencers. Consulting and engineering», научный консультант, Гамбург, Герма-

ния. E – mail: Rudolf.Starobinski@freenet.de. Область научных интересов: внутренняя акустика машин.

Мещерякова Мария Александровна, студент кафедры управления промышленной и экологической безопасностью, Тольяттинский государственный университет. E-mail: maniarus89@yandex.ru. Область научных интересов: внутренняя акустика машин.

Назаров Алексей Геннадьевич, студент кафедры управления промышленной и экологической безопасностью, Тольяттинский государственный университет. E-mail: lexey0631@rambler.ru. Область научных интересов: внутренняя акустика машин.

Соколов Алексей Викторович, инженер. Область научных интересов – внутренняя акустика машин.

Starobinski Rudolf Natanjvich, Doctor of technical sciences, professor, the director Consulting-büro «Prof. R.Starobinski. Silencers. Consulting and engineering», Hamburg, Germany. E – mail: Rudolf.Starobinski@freenet.de. Area of research: the internal speakers machines.

Mescheriakova Maria Alexandrovna, student, Togliatti State University Department of Management of industrial and environmental safety. E-mail: maniarus89@yandex.ru. Area of research: the internal speakers machines.

Nazarov Aleksey Gennadievich, student, Togliatti State University Department of Management of industrial and environmental safety. E-mail: lexey0631@rambler.ru. Area of research: the internal speakers machines.

Sokolov Aleksey Victorovich, engineer. Area of research: the internal speakers machines.