

Слышал звон, да не знаю, где он...



ЮРИЙ
БУЦКИЙ

Наши эксперименты с шумоизоляцией автомобиля продолжают. Дилер, автосервис, автовладелец повлиять на источник звука в автомобиле не могут. Им не подвластны ни изменение конструкции двигателя, ни оптимизация рисунка протектора... Но зато в их силах повлиять на характеристики другого объекта — звучащего пассивно.

Таковыми можно считать кузовные панели. Достаточно обработать их специальной мастикой, и звучание этих деталей, точнее их способность к транслированию звука, изменится. Но будет ли такое изменение эффективным и комфортным для человека?

В прошлый раз (см. «АБС-авто» № 9/2014, с. 48–51) мы покрыли шумовиброизоляционной мастикой стеклянные бокалы. А потом сравнили звучание необработанных и обработанных бокалов после однократного воздействия, а попросту говоря — удара по стеклу.

Выяснилось (и это подтвердили приборы и компьютерный анализ), что обработанный бокал не только звучит гораздо тише. Главное, из его «пения» исчезли высокие частоты, наиболее раздражающие ухо.

Стекло — материал показательный, недаром за столом принято чокаться теми самыми бокалами. С перезвоном! Поэтому и эффект получился наглядный, но все же сугубо лабораторный — ведь кузов-то делается не из стекла... И мы решили поставить сходный эксперимент с металлом.

Как и ранее, редакция обратилась к экспертизе, старшему научному сотруднику физфака



В прошлый раз мы покрыли мастикой стеклянные бокалы. А потом сравнили звучание необработанных и обработанных бокалов. Сегодня ставим сходный эксперимент с металлом

МГУ канд. физ.-мат. наук **Владимиру Милову**. И сделали мы следующее...

Но сначала небольшое отступление. Ни один физик, да и вообще ученый, не станет ставить опыт, если невозможно обеспечить его повторяемость, воспроизводимость. Провел при одних и тех же условиях измерения десять, сто раз — цифры должны совпадать в пределах погрешности приборов. Иначе не стоит и затеваться.

Бессмысленно, например, намазать мастикой обычный колокольчик, потрясти его и заявить: смотрите, какой он стал тихий!



У нас две чашки одного веса и с одинаковой толщиной стенок. На одну из них на внутреннюю и наружную поверхности наносим шумопоглощающую мастику

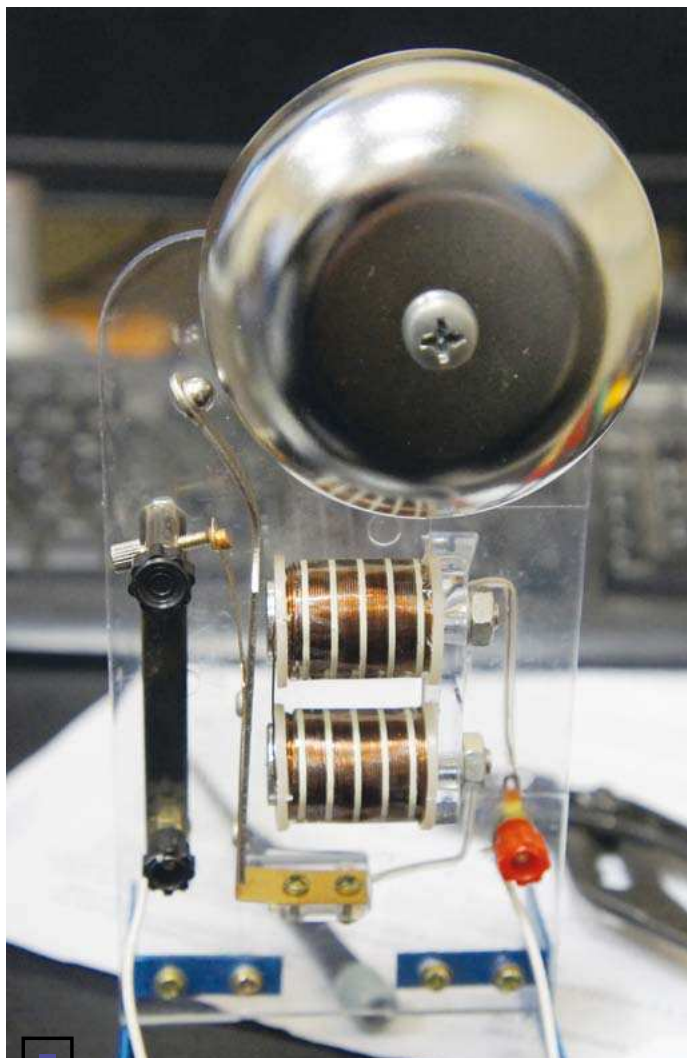
И что? Встряхнуть колокольчик можно сильнее или слабее, его язык может ударить так или этак — да, звучание будет тише, но ни количественной, ни качественной картины изменения шума здесь выявить невозможно. Потому что трясти колокольчик одинаково не получится.

Мы поступили иначе. Для испытаний выбрали простейшую модель школьного звонка с электромагнитом и качающимся молоточком. Такая схема после подключения конденсатора позволяет нанести сильный однократный (!) удар по чашке с мгновенным отводом молоточка. В итоге получаем длительные затухающие звуковые колебания и, что очень важно, воспроизводимость опыта.

Итак, наш инструментарий следующий: школьный звонок с генератором электрического импульса, микрофон, компьютер со специальной программой для записи, развертки и анализа шумов, две чашки звонка и шведская шумовиброизоляционная мастика на водной основе Noxudol 3100 — та самая, что «запрещала петь» бокалам в прошлой статье.

Словом, получился наглядный и простой эксперимент, не требующий специального (сложного и дорогого!) оборудования.

А методика опыта такова. Замеряем параметры двух имеющихся чашечек звонка, а именно их



Для испытаний выбрали простейшую модель школьного звонка с электромагнитом и качающимся молоточком. Такая схема после подключения конденсатора позволяет нанести сильный однократный (!) удар по чашке с мгновенным отводом молоточка. В итоге получаем длительные затухающие звуковые колебания и, что очень важно, воспроизводимость эксперимента



В колоколе и чашке звонка волны разносятся по окружностям (кольцевым участкам). Важно, чтобы в пределах окружности одного диаметра слой мастики был одинаковым. Выравниваем слои незастывшего материала «по кольцам» на токарном станке

вес и толщину стенок. Убеждаемся, что чашечки идентичные. Одна из них будет эталонной, а вторая — рабочей.

Наносим на рабочую чашечку мастику, как на внутреннюю, так и на наружную стенку. В этом есть практический смысл — ведь Noxudol 3100 может наноситься как на колесную арку (наружная панель), так и на внутреннюю сторону двери или днища. Хотя чаще обрабатываются все же внутренние поверхности кузовных деталей.

Но мастику мы не просто наносим, а стараемся обеспечить равномерный слой по окружностям, по кольцам чашки. Дело в том, что классический колокол резонирует и транслирует звон по кольцевым сечениям. Звуки у него одинаковы именно в пределах кольца. Поэтому и гасить их по данному диаметру надо равномерно — для того и одинаковые кольцевые слои шумопоглощающего материала. Спору нет, в идеале надо иметь равномерное покрытие всей поверхности. Но для окружностей это архиважно.

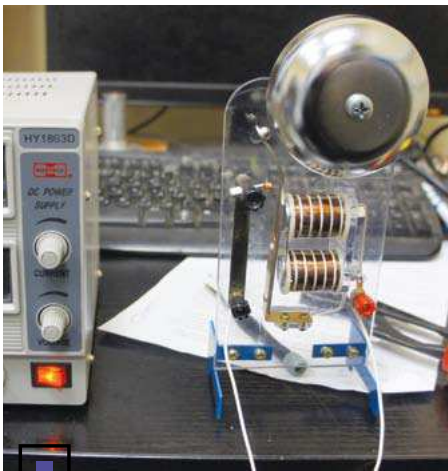
Решаем задачу так: зажимаем чашку звонка в шпинделе токарного станка, а кисть — в суппорте. Включаем малые обороты и, работая продольной и поперечной подачей, выравниваем кольца незастывшего материала.

А теперь — в термоскаф, на сушку при умеренной температуре. Это имитация тепловой пушки

на автосервисе. Материал приобретает плотную структуру в течение часа, после чего автомобиль можно эксплуатировать. Но максимальный эффект шумопоглощения достигается спустя две недели. Поэтому через час мы вынули чашку из термоскафа и подождали те самые две недели.

И вот час испытаний настал. Монтируем наш мини-стенд, включаем микрофон, подаем импульс. Звонкий однократный удар молоточка по эталонной чашке — и ясно слышится затухающий звук. Развертка на экране. Повтор, еще повтор, еще и еще. Есть воспроизводимость! Записываем развертку на диск, вырезаем куски диаграммы, делаем скриншоты.

Теперь очередь намазанной, заглушенной чашки. Даем металлу фору — пусть молоточек ударяет не по мастике, а по чистому блестящему участку чашки. Для этого лезвием делаем в мастике маленькое «окошко». Надо сказать, не без труда, с адгезией здесь все в порядке.



Звонок с чистой чашкой подключен к источнику электрического импульса. Наносим удар...

Включаем микрофон, активируем импульс. Удар — замер — развертка. Потом еще и еще. И опять с повторяемостью все нормально. Делаем контрольный опыт: удар — замер — развертка — фиксация результатов.

Приступаем к анализу данных. Важное замечание: глядя на приведенные здесь графики, необходимо соотносить их с масштабом — особенно если речь идет о вырезанных фрагментах развертки.

На графике 1 показано звучание эталонной, т.е. необработанной чашки звонка. На графике 4 — другой чашки, обработанной. Возбуждение на обеих было одинаковым, от равных ударов, обусловленных равными магнитными импульсами. Кстати, и амплитуды в начале кривых равны.

Смотрим на график 1. Его колебания имеют две ярко выраженные зоны, каждая со своей огибающей. Первая достаточно быстро спадает по экспоненте, после чего следует вторая зона относительно долгого, медленно затухающего звука. Он различим ухом даже через 2,2 с после удара.

Теперь обратим взор на обработанную чашку. Как уже говорилось, начальная амплитуда здесь та же, отвечающая силе удара, и характер затухания такой же, как на первом графике, — резкое падение, потом медленное. Но масштаб времени иной: 2,2 с на графике 1 против 0,07 с на графике 4. Иными словами, затухание колебаний обработанного объекта произошло почти в 32 раза быстрее.

Смотрим подробнее — какие именно звуковые составляющие присутствуют в первом и втором случае? Растягиваем сигнал первой зоны эталонной чашки по оси абсцисс (график 2). Картинка являет собой комбинацию низкочастотных и высокочастотных колебаний с периодом порядка 1 мс и на всем про-

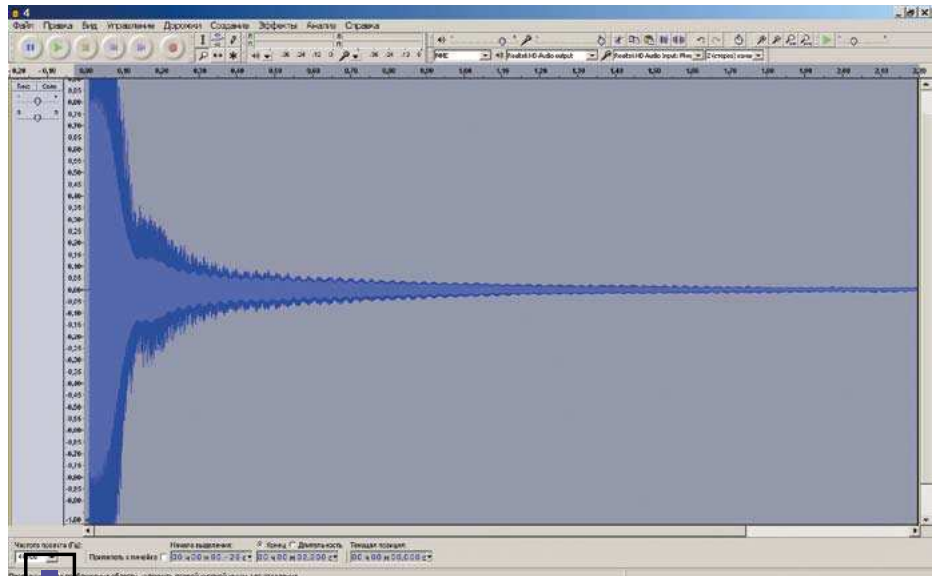


График 1. Общая картина звучания необработанной чашки звонка

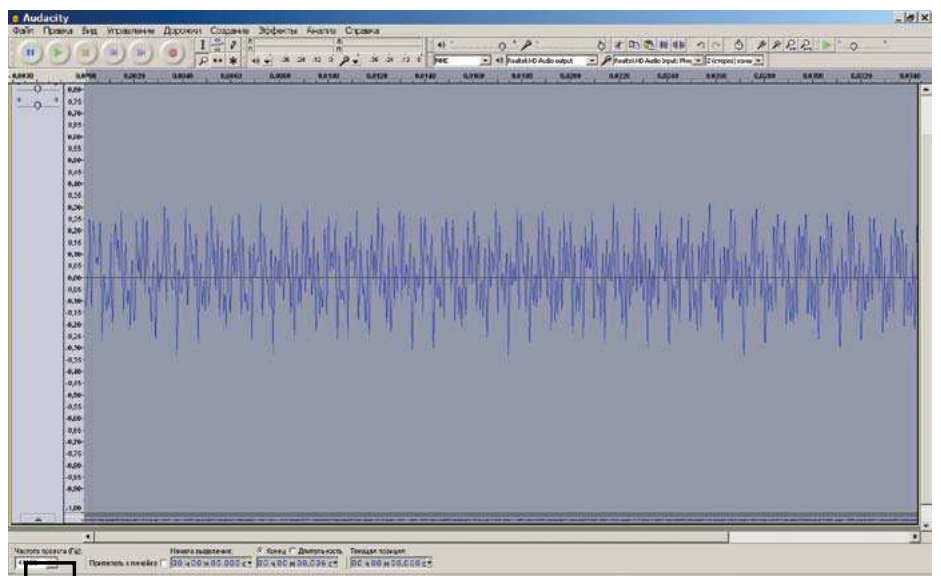


График 2. Развертка вырезанного участка звучания необработанной чашки

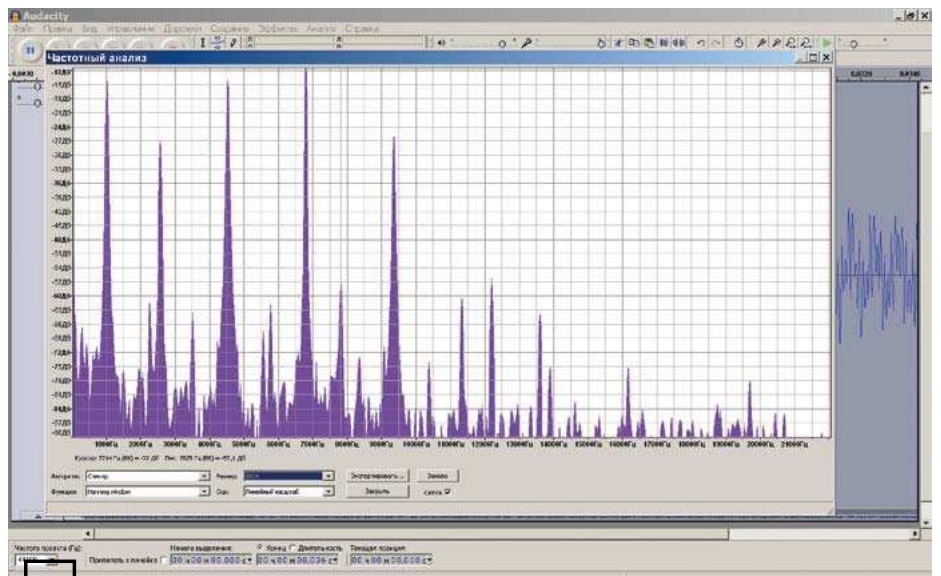


График 3. Спектр участка, представленного на графике 2

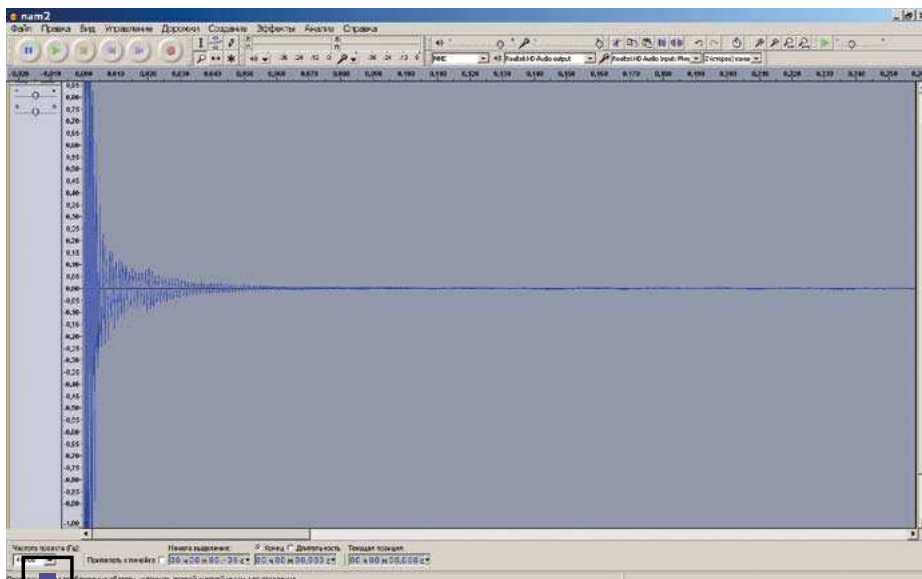


График 4. Общая картина звучания обработанной чашки звонка

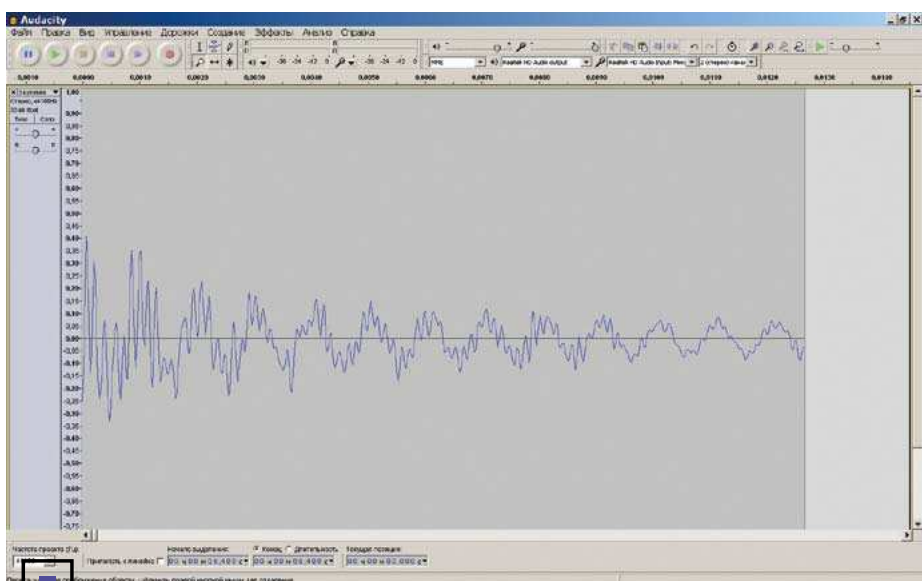


График 5. Развертка вырезанного участка звучания обработанной чашки

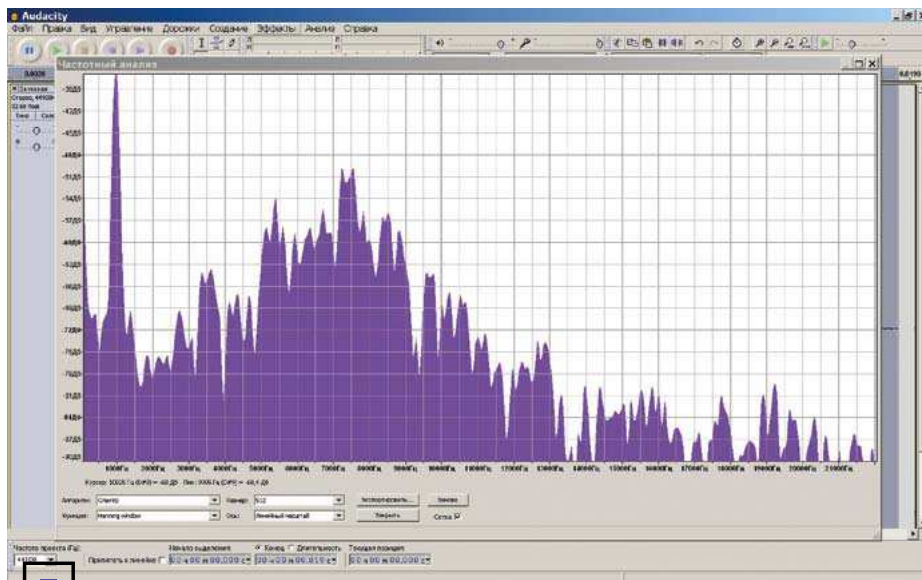
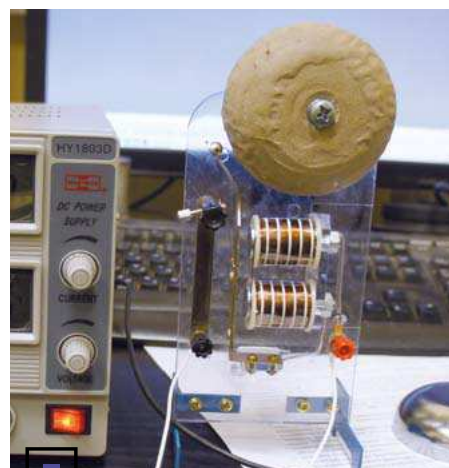


График 6. Спектр участка, представленного на графике 5



Звонки с чашкой, покрытой мастикой, подключен к источнику электрического импульса. Наносим удар...

тяжении они практически не меняют свою структуру — т.е. затухание протекает очень слабо.

Теперь обратимся к аналогичному участку обработанной чашки (график 5). Сначала картина напоминает предыдущую. Но уже через 10 мс картина кардинально меняется. Наиболее неприятные для человеческого уха высокочастотные колебания практически затухают, остаются в основном низкочастотные, которые также достаточно быстро сходят на нет.

Для детализации картины мы сняли шумовые спектры в первом и втором случае (графики 3 и 6). По оси абсцисс здесь отложены характерные частоты, по оси ординат — интенсивность колебаний на данной частоте.

Для человеческого уха наиболее комфортен, условно говоря, «спокойный естественный шум». На спектральной характеристике это «закрашенная» фигура, близкая к прямоугольнику. А неприятный звук равносителен ряду фиксированных пиковых частот.

Что мы видим на спектральных диаграммах? Необработанная чашка (график 3) демонстрирует множество пиков — т.е. полнейший звуковой дискомфорт. А у чашки, покрытой мастикой (график 6), вместо резких линий наблюдаем непрерывный спектр. Такой звук близок к природному шумовому фону.

Получается, что металл, обработанный мастикой Noxudol 3100, не будет давать характерных неприятных скрипов и резонирующих частот.

Чем это обернется для водителя? Практически мгновенным подавлением шумов — раз. Облагораживанием звукового фона до естественного — шума волн, шороха листьев и прочих природных «звуковых красок» — два. А по большому счету, что еще нужно, чтобы не устать в пути? **AEC**