

УДК 534-13

КАПОТИРОВАНИЕ – СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ШУМА СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

© 2014 Л.Ф. Дроздова, А.В. Кудаев, А.Е. Шашурин

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 13.01.2014

В статье рассмотрены экспериментальные данные, полученные при разделении вклада источников шума на различных видах строительно-дорожных машин. Представлены результаты расчета и эксперимента по определению средств снижения шума, проникающего через вентиляционные проемы звукоизолирующих капотов.

Ключевые слова: капот, звукоизолирующий, шум, эффективность

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) устанавливаются на большинстве строительно-дорожных (СДМ) и подъемно-транспортных машин. Более половины машин оборудованных ДВС, излучают шум, превышающий допустимые нормы. С целью выделения источника, имеющего наибольший вклад в излучаемый СДМ шум, были проведены экспериментальные исследования по разделению вклада источников шума во внешнее звуковое поле нескольких типов СДМ (рис. 1).

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что преобладающий вклад в процессы шумообразования во внешнее поле дает корпус ДВС (в среднем вклад корпуса на 6-11 дБ выше, чем например, вклад выпуска ДВС). Наиболее эффективной конструкцией шумозащиты корпуса ДВС является звукоизолирующий капот (ЗИК).

Для обеспечения нормального теплообмена под капотом звукоизолирующие капоты должны оборудоваться вентиляционными проемами. Через проемы излучается основная доля звуковой энергии из под капота. В случае закрытия проемов шумозащитными конструкциями, не препятствующими прохождению воздуха, удастся увеличить акустическую эффективность звукоизолирующего капота. Для оценки акустической эффективности капотов при закрытии вентиляционных проемов были выполнены сравнительные экспериментальные испытания эффективности различных конструкций:

- жалюзей;
- глушителей;
- акустических экранов.

Обобщенные результаты испытаний приведены в рис. 2.

Анализ сравнительных испытаний шумозащитных элементов показал, что:

- эффективность конструкций составляет по интегральной оценке от 4 до 9 дБА (от 1 до 16 дБ в средне-высокочастотном диапазонах 500-8000 Гц). Как правило, такая эффективность обеспечивает вполне приемлемое снижение шума, проникающего через открытый проем. При выборе конструкции защиты проема можно руководствоваться, в первую очередь, требованиями к конструкциям капота.
- применение конструкции не должно увеличивать свыше, чем на 50% скорость движения и расход воздуха через защищаемый проем;
- наиболее эффективными и при этом более простыми в конструктивном исполнении являются акустические экраны;
- эти конструкции обеспечивают снижение шума, проникающего через открытый проем на 8-10 дБА.
- в случае необходимости выполнения более жестких требований к снижению шума в проеме можно использовать комбинированные и составные экраны больших размеров.

Эффективность АЭ может быть представлена в виде:

$$\Delta L_{\text{экp}} = 10 \lg \frac{I_{PT}^{\beta/\alpha}}{I_{PT}^{\gamma/\alpha}}, \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где $I_{PT}^{\beta/\alpha}$ – интенсивность звука, выходящего из проема в отсутствие АЭ, Вт/м²;

$I_{PT}^{\gamma/\alpha}$ – интенсивность звука, выходящего из проема с установленным АЭ, Вт/м².

Для расчета эффективности АЭ получена формула:

Дроздова Людмила Филипповна, кандидат технических наук, профессор. E-mail: drozdovalf@yandex.ru
Шашурин Александр Евгеньевич, кандидат технических наук. E-mail: Ksiombarg1@yandex.ru
Кудаев Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: Ksiombarg1@yandex.ru

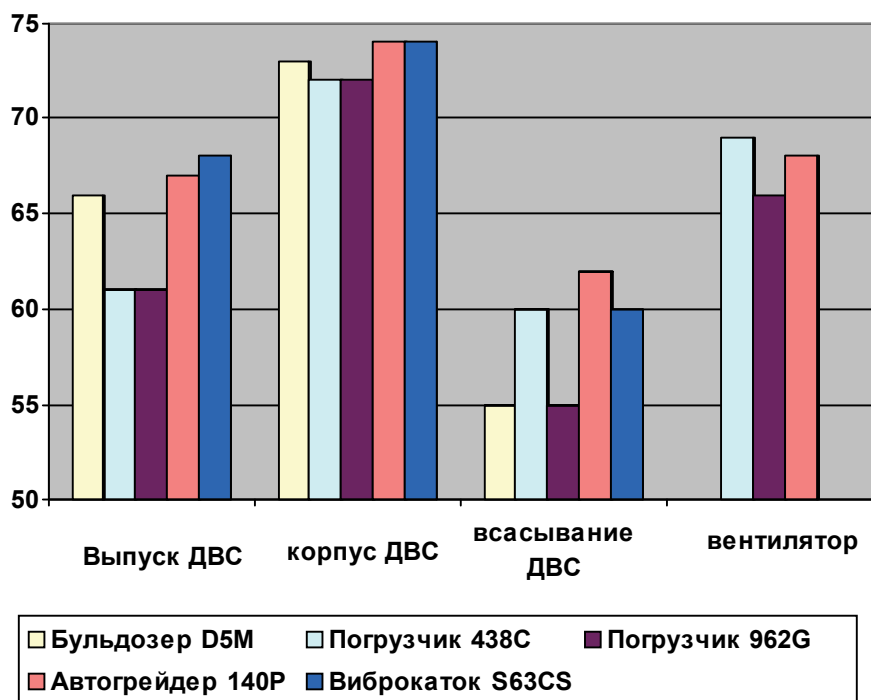


Рис. 1. Разделение вклада источников

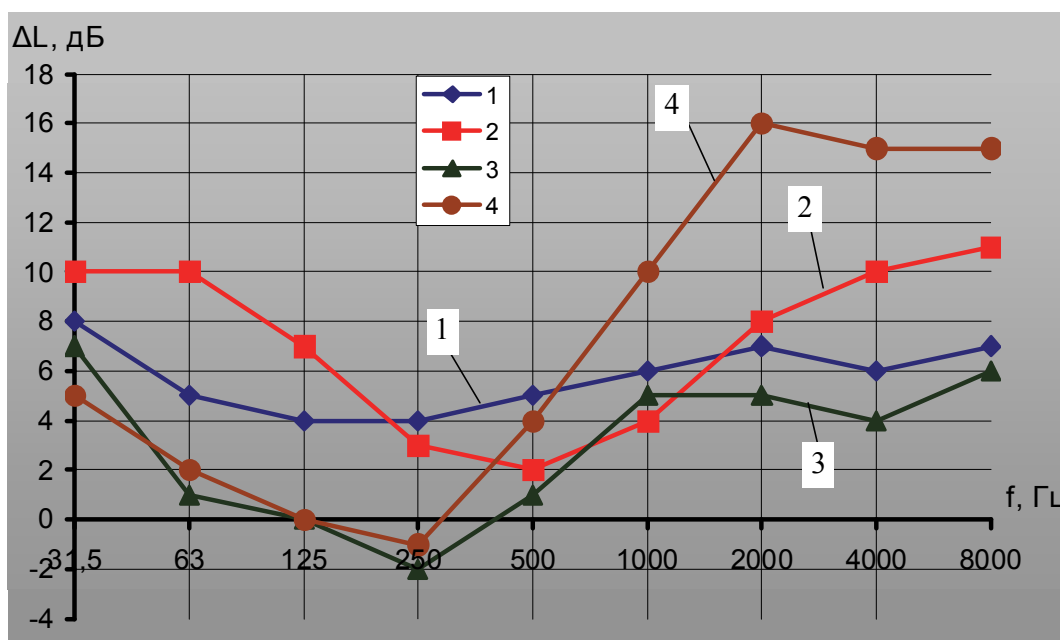


Рис. 2. Сравнительная эффективность шумозащитных конструкций:

1 – жалюзи (2 козырька), 2 – глушитель (абсорбционный четырехкамерный глубиной 200 мм), 3 – экран, облицованный ЗПМ (390x390мм) глубиной 200 мм, 4 – составной экран (2x 590x590).

$$\Delta L_{\text{экp}} = 10 \lg \frac{l_{\text{экp}}}{\lambda} + 10 \lg \frac{r_{\text{np}}}{r_o} - 10 \lg p - 10 \lg (1 - \alpha_{\text{экp}}) - 10 \lg \arctg \frac{l_{\text{экp}}}{2r_{\text{np}}} + 5, \quad (2)$$

где: $l_{\text{экp}}$ – длина ребра АЭ, м;
 λ – длина звуковой волны, м;
 r_{np} – расстояние от ребра до проема, м;

p – число свободных ребер АЭ;

$\alpha_{\text{экp}}$ – коэффициент звукопоглощения под капотом.

Расчетная эффективность АЭ на различном удалении от проема и отсутствия или наличия звукопоглощающего материала (ЗПМ) на экране представлена на рис. 3.

Эффективность АЭ растет при увеличении его размеров ($l_{\text{экp}}$), наличия звукопоглощения ($\alpha_{\text{экp}}$) и снижения числа свободных ребер экрана (p). Проверка показала удовлетворительное

совпадение результатов в диапазоне 500-8000 Гц.

Было проведено экспериментальное определение эффективности экрана, установленного на вентиляционном проеме капота, на расстоянии 0,3м от проема с наличием звукопоглощающего материала на поверхности экрана. Сравнительные характеристики расчетной и экспериментальной эффективности экрана представлены на рис. 4.

Проверка полученных результатов показала удовлетворительное совпадение в диапазоне частот от 500 до 8000 Гц.

Был спроектирован звукоизолирующий капот на дизельный двигатель, на вентиляционные проемы которого устанавливались встроенные АЭ, а внутри капот был облицован звукопоглощающим материалом. Воздухообмен под капотом был рационально организован. Результаты измеренных акустических характеристик двигателя с капотом и без капота на расстоянии 1 м приведены в табл.1, общий вид спроектированного звукоизолирующего капота показан на рис. 5.

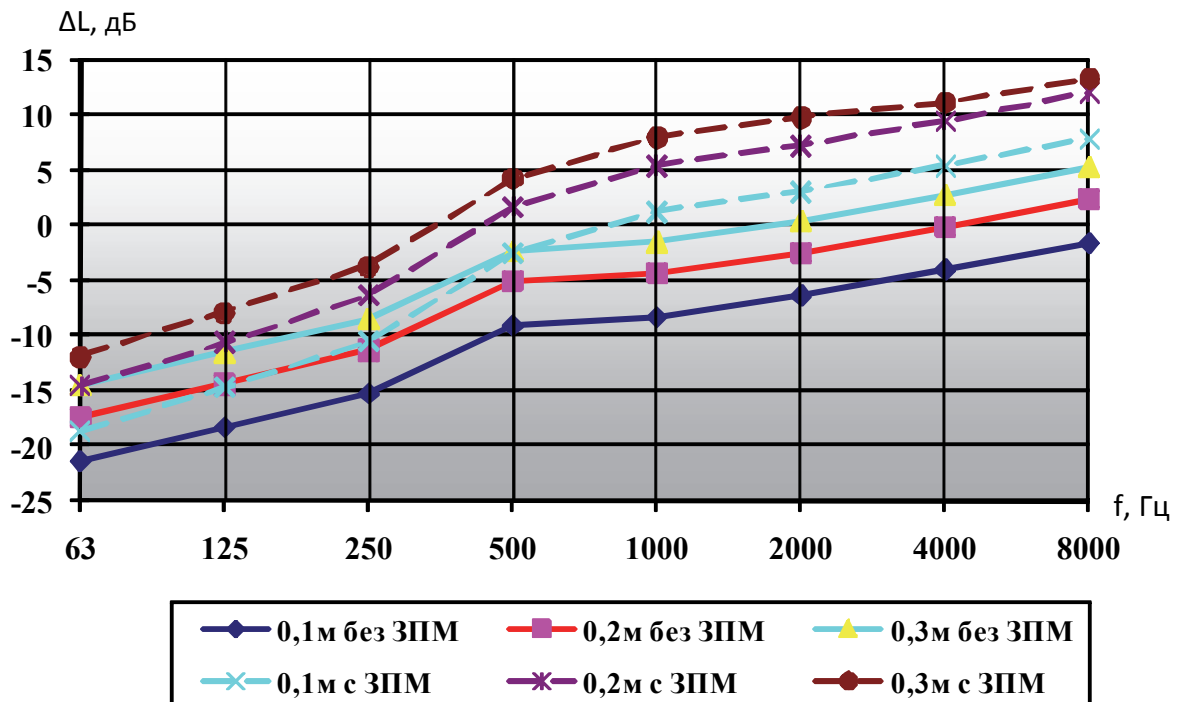


Рис. 3. Расчетная эффективность АЭ на различном удалении от проема и отсутствия или наличия ЗПМ на экране

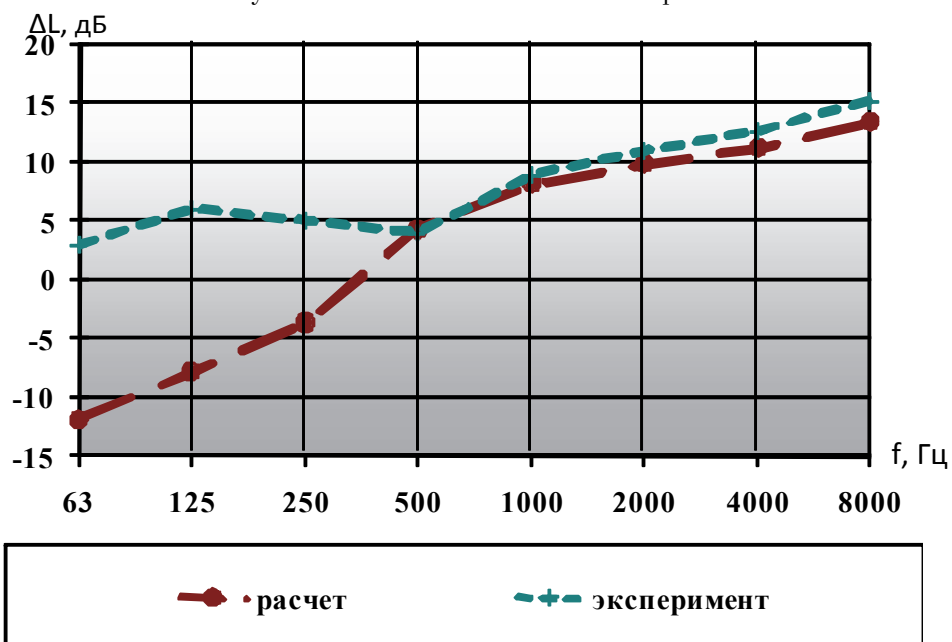


Рис. 4. Сравнительные характеристики расчетной и экспериментальной эффективности экрана (с ЗПМ)

Таблица 1. Акустические характеристики двигателя с капотом и без капота

Двигатель	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот, Гц									дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
с капотом	69,4	81,1	86,5	80,3	81,2	79,5	74,8	69,1	59,9	81
без капота	71,7	82,8	85	85,2	87,9	90,3	87,7	83,4	76,1	91

Как видно из данных, приведенных в табл.1, эффективность капота составляет от 4 дБ до 16 дБ по уровням звукового давления и 10 дБА по уровню звука, при этом по данным тепловых испытаний теплообмен под капотом в пределах допустимых температур.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что применением встроенных в

подкапотное пространство акустических экранов обеспечивается высокая акустическая эффективность звукоизолирующего капота при минимальных сопротивлениях движению воздушных потоков, обеспечивающих нормальный тепловой баланс двигательной установки. Испытания опытного звукоизолирующего капота с учетом полученных данных позволило обеспе-

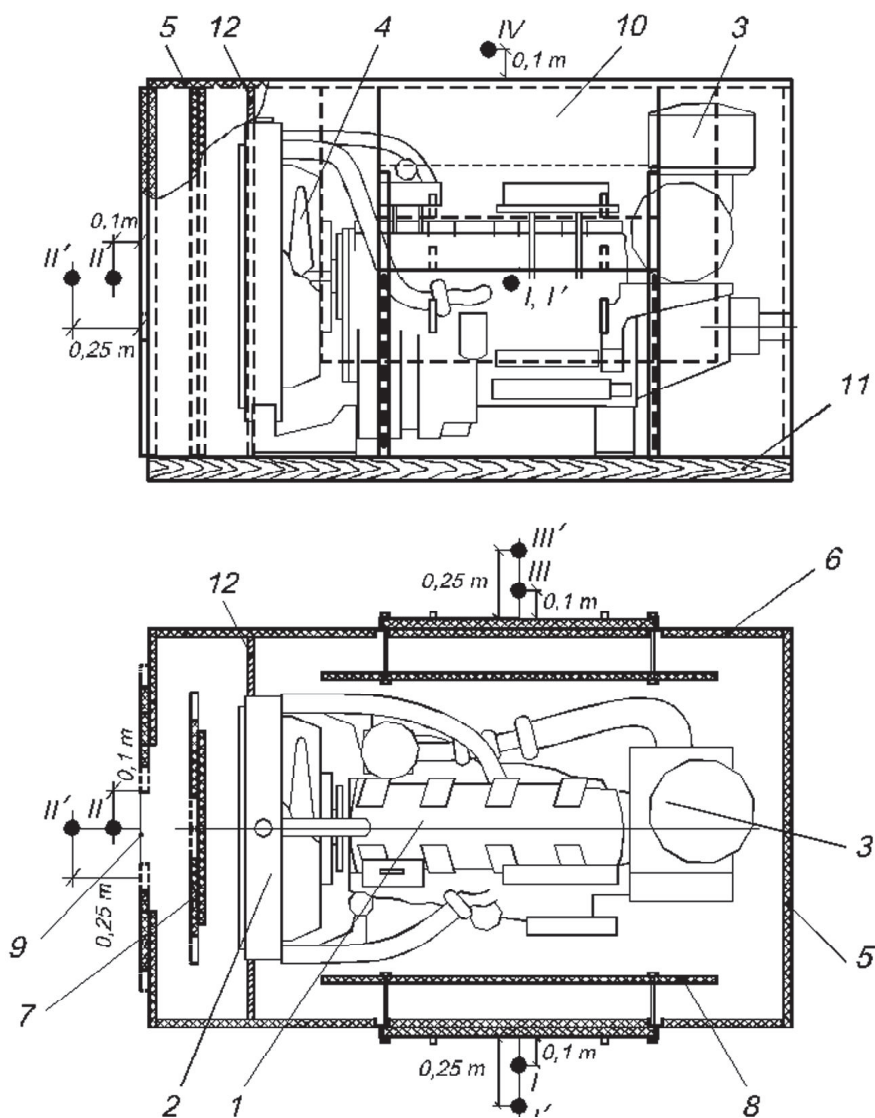


Рис. 5. Общий вид установки капота и схема измерительных точек акустических характеристик капота:

1 – двигатель; 2 – радиатор; 3 – всасывающий фильтр; 4 – вентилятор; 5 – звукоизолирующий капот; 6 – звукопоглощающее покрытие; 7 – раздвижной акустический экран; 8 – неподвижный акустический экран; 9 – выхлопной вентиляционный проем; 10 – всасывающий вентиляционный проем; 11 – деревянный брус; 12 – глухая перегородка (I-IV – измерительные точки).

чить снижение внешнего шума двигателя не менее чем на 10 дБА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов Н.И., Никифоров А.С.* Основы виброакустики: Учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2000. 482 с.
2. Handbook of Noise and Vibration Control /Edited by Malkolm J. Crocker, NY, Willey, 2007, pp. 685-695.
3. *Дроздова Л.Ф., Кудяев А.В.* Расчёт и проектирование звукоизолирующих капотов для снижения шума энергетических установок. // Безопасность жизнедеятельности. 2009. №8. С. 40-47.
4. *Васильев А.В.* Акустическое моделирование и комплексное снижение шума автомобильных двигателей внутреннего сгорания: монография. Самара, 2004.
5. *Васильев А.В.* Моделирование и снижение низкочастотного звука и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем: монография. Самара, 2011.

SOUND-PROOFED ENCLOSURES – ONE OF THE METHODS OF REDUCING NOISE SOURCES

© 2014 L.F. Drozdova, A.V. Kudaev, A.E. Shashurin

Baltic State Technical University “VOENMECH” named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg

The article describes the experimental data, obtained by separation of the contribution of noise sources on different types of road-construction machinery. Shows the results of calculations and experiment on determination of means of reducing noise penetrating through the ventilation openings sound-proofed enclosures.

Keywords: enclosure, sound-proofed, noise, efficiency

Lyudmila Drozdova, Candidate of Technics, Professor.

E-mail: drozdovalf@yandex.ru

Alexander Shashurin, Candidate of Technics.

E-mail: Ksiombarg1@yandex.ru

Alexander Kudaev, Candidate of Technics, Associate Professor.

E-mail: Ksiombarg1@yandex.ru