

## ЗМЕНШЕННЯ РІВНЯ ВНУТРІШНЬОГО ШУМУ БРОНЕАВТОМОБІЛЯ «НОВАТОР»

Федоров В.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, fedorov.volodymyr@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1085-5112

Філіпова Г.А., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, galina\_gaj@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3427-7633

## INTERNAL NOISE LEVEL REDUCTION OF THE ARMORED VEHICLE «NOVATOR»

Fedorov, V.V., Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Kyiv, Ukraine, fedorov.volodymyr@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1085-5112

Filipova, G.A., Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Kyiv, Ukraine, galina\_gaj@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3427-7633

**Постановка проблеми.** Актуальність зниження внутрішнього шуму військового автомобіля диктується не лише екологічними вимогами, а й необхідністю забезпечити розбірливість мови. Ця необхідність стосується тих військових автомобілів, які виконують функції командно-штабних або розвідувальних. Шум у салоні бронеавтомобіля створюється цілим рядом джерел: двигуном, колесами, підвіскою, корпусом тощо. Є ряд шляхів зменшення рівня внутрішнього шуму: встановлення вібророзв'язок у місцях передачі потужних вібрацій (двигун-рама), покриття внутрішніх поверхонь віброізолюючими та шумопоглинальними матеріалами. Також можливе застосування активних методів гасіння шуму в салонах автомобілів.

### Аналіз наявних публікацій.

*Проблеми внутрішнього шуму військових автомобілів*

Трансформація зовнішнього шуму автомобіля у внутрішній показана на рис. 1. У даній роботі зупиняти свою увагу на передаточних функціях не будемо.

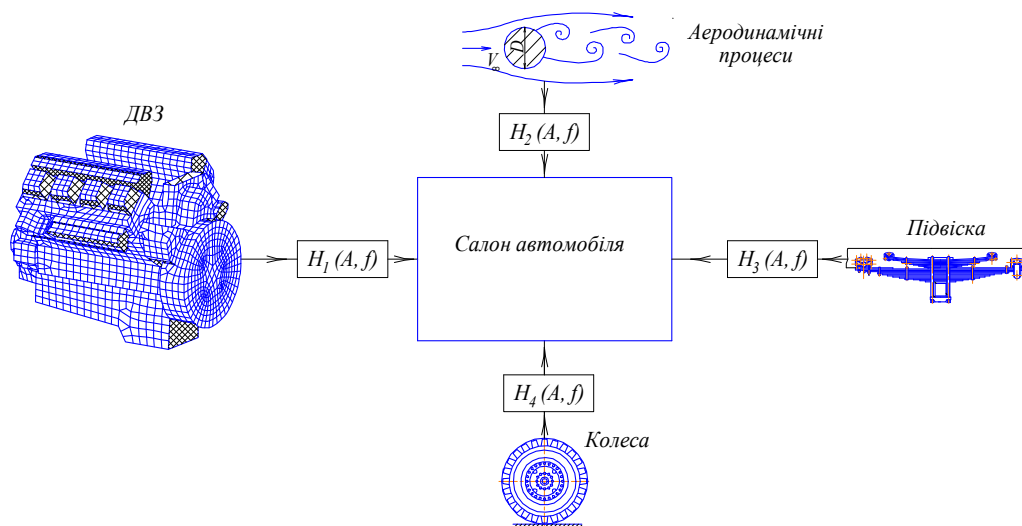


Рисунок 1 – Трансформація зовнішнього шуму автомобіля у внутрішній:  $H_1(A, f)$  – передаточна функція шляху «двигун внутрішнього згорання – салон автомобіля»;  $H_2(A, f)$  – передаточна функція шляху «аеродинамічні процеси при взаємодії корпусу автомобіля з довкіллям – салон автомобіля»;  $H_3(A, f)$  – передаточна функція шляху «підвіска – салон автомобіля»;  $H_4(A, f)$  – передаточна функція шляху «колеса – салон автомобіля»

Figure 1 – Transformation of external vehicle noise into internal noise:  $H_1(A, f)$  is the transfer function of the path «internal combustion engine – interior of the vehicle»;  $H_2(A, f)$  is the transfer function of the path «aerodynamic processes during the interaction of the vehicle body with the environment – the interior of the vehicle»;  $H_3(A, f)$  is the transfer function of the path «suspension – interior of the vehicle»;  $H_4(A, f)$  is the transfer function of the path «wheels – interior of the vehicle»

Внутрішній шум військового (броньованого) автомобіля чинить шкідливий вплив на здоров'я людей, які знаходяться у ньому, та знижує рівень розбірливості їхньої мови.

Відомо [1], що при тривалій дії шум викликає необоротну втрату слуху (туговухість), шкідливо впливає на нервову систему, руйнує шлунково-кишковий тракт, згубно впливає на психіку людини, понижує зір, порушує діяльність серцево-судинної системи (збільшує кров'яний тиск та частоту ударів серця), порушує сон, знижує продуктивність праці, створює небезпеку нещасних випадків через невиразність звукових сигналів та нерозуміння усної мови, знижує концентрацію уваги (рис. 2).

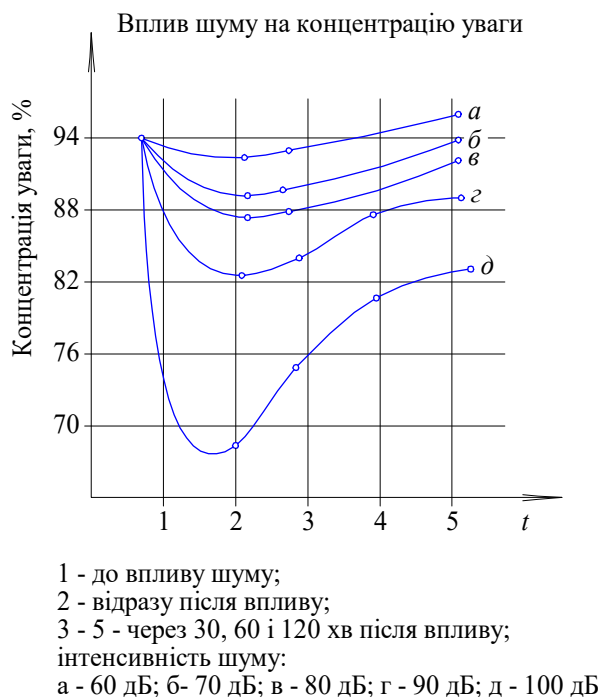


Рисунок 2 – До проблеми шкідливого впливу шуму на здоров'я людини  
Figure 2 – To the problem of harmful effects of noise on human health

Розбірливість мови оцінюється шляхом абсолютного розпізнавання фраз, слів, складів і окремих фонем при наявності факторів, що заважають (шумів, обмеження частотного діапазону тощо) [2].

Вимірювання розбірливості мови здійснюється за допомогою так званих артикуляційних випробувань систем передачі мови. В процесі цих випробувань бригада спеціально підібраних і тренуваних людей (артикуляційна бригада) слухає таблиці складів, слів і фраз, які читаються диктором. Потім розраховується процент вірно прийнятих елементів мови. Одержаний результат називають процентом артикуляції. У кожному конкретному випадку він залежить від ряду факторів, таких як характер елементів мови, що передаються (звуки, склади, слова, фрази), а також їх властивості, пов'язані з вірним відображенням статистики даної мови; добір складу артикуляційної бригади і ступінь її тренуваності; якість голосу диктора, його дикція; методика проведення вимірювань; довкілля.

Тому процент артикуляції вважається не абсолютним, а відносною мірою якісних показників системи передачі або запису мови. Але при виконанні певних правил проведення артикуляційних іспитів вплив цих факторів може бути зведеним до мінімуму, тоді чисельні результати іспитів набувають стабільності необхідної для абсолютної оцінки якості випробувальної системи. Ці правила перш за все стосуються добору випробувального матеріалу, тобто спеціально складених таблиць фраз, слів або складів. Залежно від типу елементів мови, що передаються, розрізняють звукову, складову, словесну і фразову розбірливість. Всі вони при випробуванні однієї й тієї ж системи будуть виражатися різними чисельними значеннями.

Для всіх видів мовного матеріалу розбірливість наростає із збільшенням рівня інтенсивності звуку від порогового до рівня максимальної розбірливості. Іншими словами, для розбірливості мови також існує психометрична функція, як і для інших психоакустичних феноменів. Як правило, при

досягненні для даного виду мовного матеріалу максимальної розбірливості подальше наростання інтенсивності стимуляції не призводить до підвищення розбірливості, а інколи, навпаки, фактична розбірливість зменшується.

На рис. 3 наведені психометричні функції для різних видів мовного матеріалу, які вказують процент вірних відповідей як функцію співвідношення сигнал/шум (С/Ш). На низьких рівнях інтенсивності звуків (низьке співвідношення С/Ш) цифри сприймаються більш розбірливо, ніж слова в реченнях, які в свою чергу більш розбірливі, ніж окремі склади, що не несуть ніякого змістовного навантаження. Крім того, при будь-якому співвідношенні С/Ш процент вірних відповідей найбільш високий для цифр, менший для слів в реченні і найнижчий для окремих складів. Розрізнявальність цифр стає асимптотичною при 100 % вірних відповідей на більш низькому рівні інтенсивності, ніж інші види мовного матеріалу. З іншого боку, 100 % розбірливість слів у реченні настає при співвідношенні С/Ш, що дорівнює 18 дБ, а розрізнявальність окремих складів не досягає і 70 % розбірливості при співвідношеннях С/Ш, що застосовувались у дослідженні. Таким чином, розрізнявальність в умовах невеликої кількості можливостей вища, ніж при великому виборі.

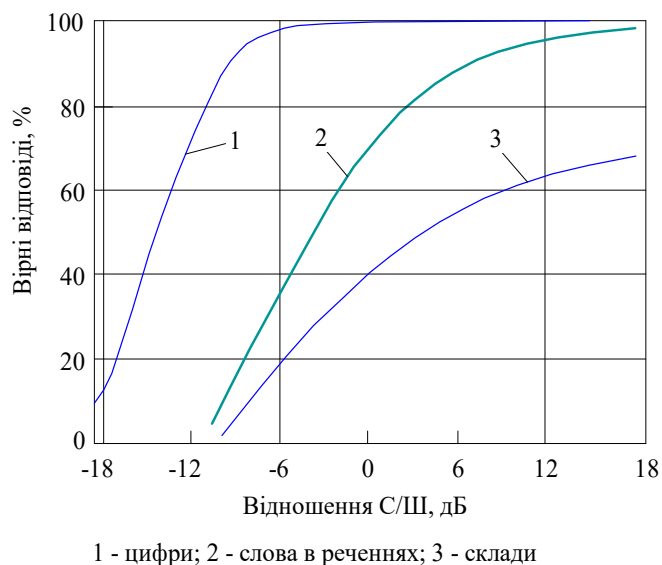


Рисунок 3 – Розбірливість різного мовного матеріалу в залежності від співвідношення сигнал/шум  
Figure 3 – The intelligibility of different speech material depending on the signal-to-noise ratio

Очевидно, що для автомобіля військової розвідки необхідне виконання обох вимог: нешкідливий вплив шуму та високий рівень розбірливості мови.

*Метод активного шумоглушіння в салонах автомобілів*

Метод активної боротьби з акустичним шумом базується на використанні додаткового штучного керованого джерела акустичних хвиль, якому надається енергія [3].

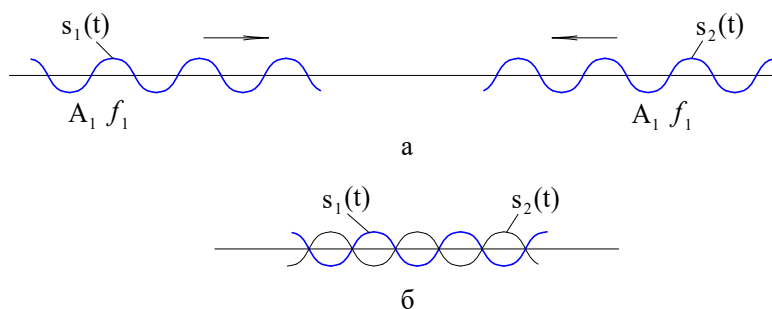


Рисунок 4 – До пояснення активного шумоглушіння («одновимірний» варіант): а – акустичні хвилі  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  рухаються назустріч; б – акустичні хвилі  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  «наклалися» одна на одну у протифазі  
Figure 4 – To the explanation of active noise cancellation («one-dimensional» version): а – acoustic waves  $s_1(t)$  and  $s_2(t)$  move towards each other; б – acoustic waves  $s_1(t)$  and  $s_2(t)$  «overlaid» each other in antiphase

Принцип активного шумоглушіння пояснюється таким чином. Дві акустичні хвилі  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  рухаються назустріч одна одній (рис. 4, а), причому ці хвилі мають однакові амплітуди  $A_1$  і частоту  $f_1$ . У деякому місці простору ці хвилі накладаються у протифазі (рис. 4, б), і тоді шум відсутній.

На рис. 5 процес активного шумоглушіння показаний у «плоскому» варіанті.

На рис. 6 показано процес активного шумоглушіння в автомобілі («плоский» варіант).

**Мета дослідження.** Зменшення рівня внутрішнього шуму автомобіля військової розвідки завдяки застосуванню вдосконаленої системи активного шумоглушіння.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Як об'єкт дослідження нами був вибраний спеціалізований бронев автомобіль «Новатор» (СБА «Новатор») [4, 5] (рис. 7).

Автомобіль створений для підрозділів швидкого реагування, на посиленому шасі, за своїми характеристиками (таблиця 1) близький до КраЗ «Спартан» і Богдан «Барс-8». СБА «Новатор» може використовуватися як автомобіль військової розвідки.

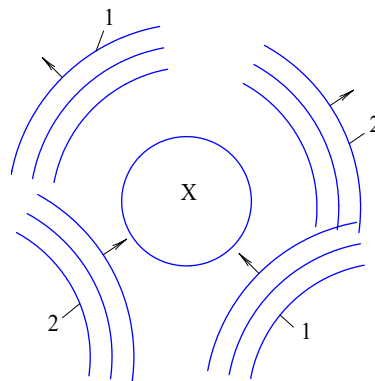


Рисунок 5 – До пояснення активного шумоглушіння: «плоский» варіант активного шумоглушіння (вид зверху): 1 – «шумові» акустичні хвилі; 2 – «антишумові» акустичні хвилі;

X – зона, в якій відбувається накладання «шумових» та «антишумових» акустичних хвиль

Figure 5 – To the explanation of active noise cancellation: «flat» version of active noise cancellation (top view): 1 – «noise» acoustic waves; 2 – «anti-noise» acoustic waves; X is a zone in which «noise» and «anti-noise» acoustic waves overlap

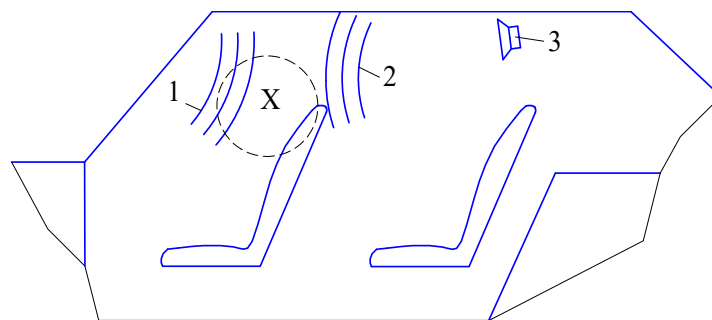


Рисунок 6 – До пояснення принципу дії активного шумоглушіння в автомобілі:

1 – «шумові» акустичні хвилі; 2 – «антишумові» акустичні хвилі; 3 – акустична установка активного шумоглушіння

Figure 6 – To explain the principle of action of active noise cancellation in a vehicle: 1 – «noise» acoustic waves; 2 – «anti-noise» acoustic waves; 3 – acoustic installation of active noise cancellation

Для зниження рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» нами було запропоновано використати систему активного шумоглушіння [3], що складається з динаміків 2 у нижній частині передніх дверей, мікрофонів 3, сабвуфера 4, електронного блоку керування 5 та аудіосистеми 6 (рис. 8). Працює система активного шумоглушіння за описаним вище принципом.

Ефективність активної системи шумоглушіння може значно зменшуватись у моменти, коли різко змінюється частота обертання колінчастого вала двигуна, якщо активна система не встигатиме реагувати на ці зміни.

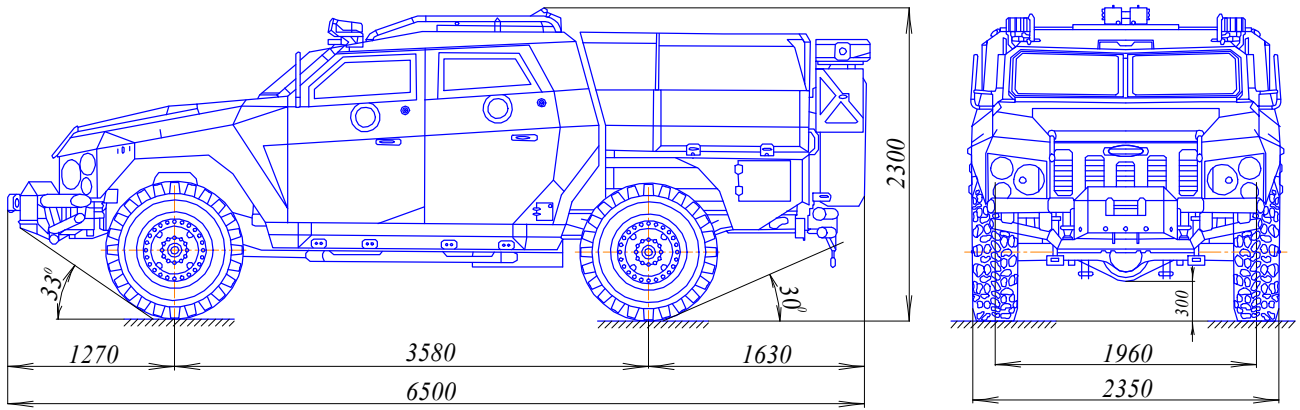


Рисунок 7 – Військовий автомобіль «Новатор»  
Figure 7 – Military vehicle «Novator»

Таблиця 1 – Коротка тактико-технічна характеристика СБА «Новатор» [4, 5]  
Table 1 – Brief tactical and technical characteristics of the SAV «Novator» [4, 5]

Шасі	Ford F-550
Тип кузова	пікап
Повна маса, кг	9 000
Колісна формула	4×4
Двигун	турбодизель Ford F8
Потужність, кВт (к.с.)	221 (300)
Максимальний крутний момент, Н·м	995
Трансмісія	механічна
Кількість передач	6
Максимальна швидкість, км/год	120
Запас ходу, км	700
Витрата палива (по шосе), л/100 км	30
Кількість місць (екіпаж + десант), осіб	5 (2 + 3)
Озброєння	кулемет КТ-7,62 мм або кулемет НСВ-12,7 мм; дистанційно керований бойовий модуль «Іва»

*Система активного шумоглушіння як засіб для зниження внутрішнього шуму СБА «Новатор»  
Вдосконалення системи активного шумоглушіння*

Нами пропонується вдосконалення існуючої системи активного шумоглушіння шляхом включення до її складу активних резонаторних глушників шуму. Під поняттям «активні» мається на увазі, що останні змінюють свої резонансні частоти завдяки зворотному зв'язку з двигуном.

Знайдемо значення основних гармонік  $f_1$  шуму відпрацьованих газів ДВЗ броневих автомобіля «Новатор» на різних швидкостях руху:

$$f_1 = \frac{ni}{60\tau},$$

де  $n$  – частота обертання колінчастого вала,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $i$  – кількість циліндрів ДВЗ;  $\tau$  – коефіцієнт тактності (для чотиритактних ДВЗ  $\tau = 2$ ).

Як видно із табл. 2, в якій наведено результати розрахунків частот основних гармонік шуму відпрацьованих газів ДВЗ для різних швидкостей руху СБА «Новатор», у діапазоні швидкостей його руху 45–85 км/год частоти резонансу знаходяться в діапазоні від 60 Гц до 140 Гц.

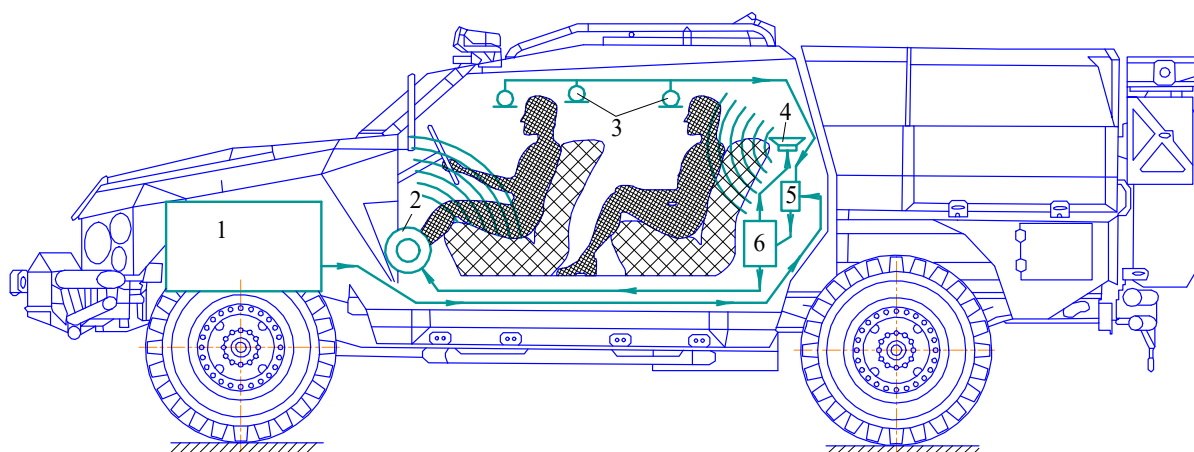


Рисунок 8 – Схема системи активного шумоглушіння як засіб зменшення шуму в салоні СБА «Новатор»: 1 – двигун внутрішнього згорання; 2 – динаміки у нижній частині передніх дверей; 3 – мікрофони; 4 – сабвуфер; 5 – електронний блок керування; 6 – аудіо система

Figure 8 – Scheme of the active noise cancellation system as a means of noise reduction in the interior of the SAV «Novator»: 1 – internal combustion engine; 2 – speakers in the lower part of the front door; 3 – microphones; 4 – subwoofer; 5 – electronic control unit; 6 – audio system

Таблиця 2 – Частоти основних гармонік шуму відпрацьованих газів ДВЗ для різних швидкостей руху СБА «Новатор»

Table 2 – Frequencies of the main harmonics of the exhaust gas noise of the internal combustion engine for different speeds of the SAV «Novator»

Швидкість руху, км/год	45	50	75	85
Частота основної гармоніки шуму відпрацьованих газів ДВЗ, Гц	60	65	130	140

Нами була зроблена пропозиція: для кожної гармоніки шуму відпрацьованих газів необхідно створити окремий активний резонаторний глушник шуму, який би «вів» свою гармоніку у всьому діапазоні швидкостей руху СБА «Новатор».

Кількість таких глушників відповідатиме кількості «енергетичних» гармонік, яку встановити можуть, як на нашу думку, лише експериментальні дослідження ДВЗ. Ми ж зробимо розрахунки для одного активного резонаторного глушника шуму для вже розрахованої першої гармоніки.

За великим рахунком необхідно розрахувати резонаторний глушник, який мав би нижчу частоту резонансу  $f_n = 60$  Гц і вищу  $f_s = 140$  Гц.

Перш за все нагадаємо будову резонаторного глушника шуму.

Резонаторні глушники (рис. 9) – це газові порожнини, сполучені з трубопроводом за допомогою отвору [1]. Ці глушники можуть бути конструктивно оформлені у вигляді одиничного або групи резонаторів. Вони застосовуються для придушення дискретних складових шуму.

Глушники резонаторного типу є елементарною коливальною системою із затуханням, яка, будучи збуджена звуковою хвилею, що падає на неї, відбирає від цієї хвилі акустичну енергію на частотах, близьких до власної частоти резонатора. Максимальне поглинання енергії для одиничного резонатора буде спостерігатися на резонансній частоті  $f_p$ .

Враховуючи конструктивні особливості СБА «Новатор», ми розробили активний резонаторний глушник таким чином. Резонаторну камеру було вирішено створити у формі паралелепіпеда з розмірами  $150 \times 150 \times 50$  мм (рис. 10), горловину – у вигляді телескопічного стакану, висота якого, тобто довжина горловини, змінюється синхронно зі зміною частоти обертання колінчастого вала двигуна і це змінювання керується відповідними механізмами. Для зручності екіпажу автомобіля нами також було запропоновано горловину розмістити всередині резонаторної камери (це не змінює принцип роботи резонаторного глушника і впливає на об'єм камери не значно).

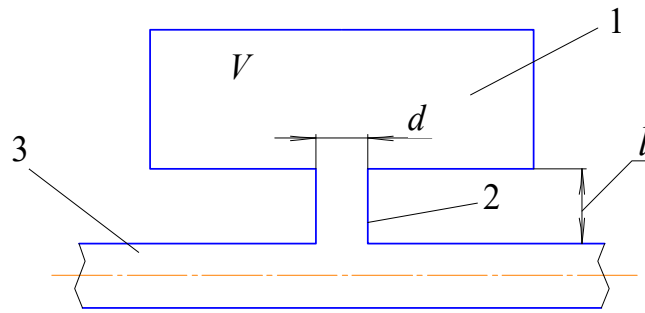


Рисунок 9 – Резонаторний глушник шуму: 1 – резонаторна камера об’ємом  $V$ ;  
 2 – горловина довжиною  $l$  та діаметром  $d$ ; 3 – трубопровід  
 Figure 9 – Resonator muffler: 1 – resonator chamber with volume  $V$ ;  
 2 – neck length  $l$  and diameter  $d$ ; 3 – pipeline

$$f_p = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{lV}} \quad (1)$$

де  $c$  – швидкість звуку в середовищі;  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  – площа перерізу горловини резонатора;  
 $l$  – довжина горловини резонатора;  $V$  – об’єм резонаторної камери.

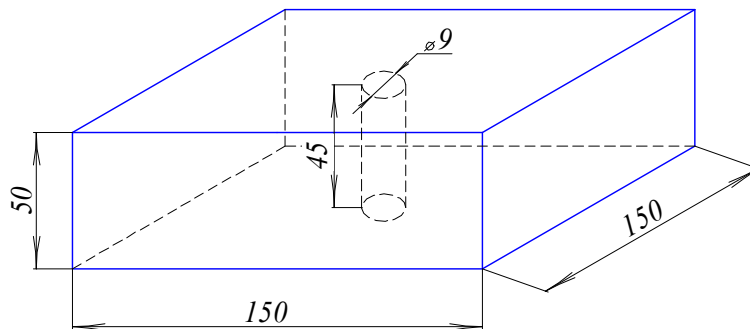


Рисунок 10 – Активний резонаторний глушник шуму з частотою резонансу  $f_n = 60$  Гц  
 Figure 10 – Active resonator muffler with resonance frequency  $f_n = 60$  Hz

Довжина горловини для нижчої частоти резонансу була обрана одразу ж  $l_{60} = 45$  мм.

Для визначення діаметру горловини  $d_{60}$  ми скористались формулою (1), де практично були вже відомі всі параметри, окрім  $d_{60}$  (об’єм резонаторної камери  $V = (150 \times 150 \times 50) \cdot 10^{-9} = 1,125 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, швидкість звуку приймаємо  $c = 340$  м/с):

$$d_{60} = \frac{4 \cdot f_n}{c} \sqrt{\pi l_{60} V} \quad (2)$$

Підставивши числові значення у формулу (2), маємо:

$$d_{60} = \frac{4 \cdot 60}{340} \sqrt{\pi \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,125 \cdot 10^{-3}} \approx 9 \text{ мм}.$$

Цей же глушник може мати і частоту резонансу  $f_6 = 140$  Гц.

Діаметр горловини  $d_{140}$  для цього випадку вже відомий:  $d_{60} \approx d_{140}$ . Тепер треба знайти довжину горловини, використовуючи формулу (1):

$$l_{140} = \frac{d_{140}^2 \cdot c^2}{16 \pi f_6^2 \cdot V}.$$

Фактом незначного коливання об'єму резонаторної порожнини глушника внаслідок зміни довжини телескопічної горловини можна знехтувати.

Тоді маємо:

$$l_{140} = \frac{(9 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 340^2}{16 \pi 140^2 \cdot 1,125 \cdot 10^{-3}} \approx 9 \text{ мм.}$$

Застосувавши розраховані активні резонаторні глушники шуму до існуючої системи активного шумоглушіння (рис. 8), ми отримаємо вдосконалену систему активного шумоглушіння (рис. 11).

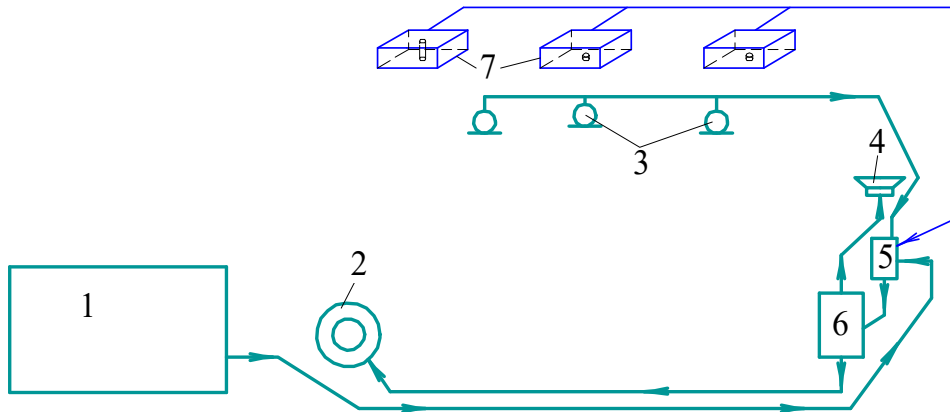


Рисунок 11 – Удосконалена система активного шумоглушіння як засіб зменшення шуму в салоні СБА «Новатор»: 1 – двигун внутрішнього згорання; 2 – динаміки у нижній частині передніх дверей; 3 – мікрофони; 4 – сабвуфер; 5 – електронний блок керування; 6 – аудіо система; 7 – запропоновані резонаторні глушники шуму

Figure 11 – An improved system of active noise cancellation as a means of noise reduction in the interior of the SAV «Novator»: 1 – internal combustion engine; 2 – speakers in the lower part of the front door; 3 – microphones; 4 – subwoofer; 5 – electronic control unit; 6 – audio system; 7 – proposed resonator mufflers

*Прогнозована ефективність вдосконаленої системи активного шумоглушіння*

На рис. 12 показана прогнозована залежність рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» від швидкості руху (у магістральному циклі на дорозі), на рис. 13 – прогнозована залежність зменшення рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» від швидкості руху (у магістральному циклі на дорозі) завдяки застосуванню системи активного шумоглушіння.

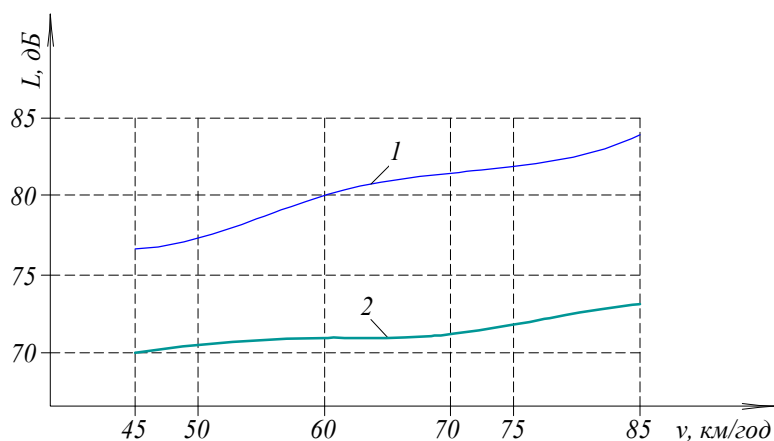


Рисунок 12 – Прогнозована залежність рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» від швидкості руху (у магістральному циклі на дорозі): 1 – існуючий рівень внутрішнього шуму; 2 – рівень внутрішнього шуму при застосуванні вдосконаленої системи активного шумоглушіння

Figure 12 – Predicted dependence of the internal noise level of the SAV «Novator» on the speed of movement (in the highway cycle on the road): 1 – existing level of internal noise; 2 – the level of internal noise when using the improved active noise cancellation system



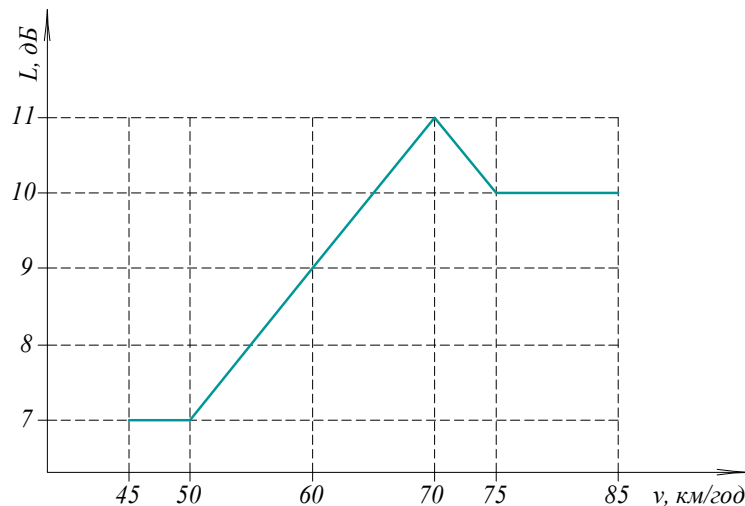


Рисунок 13 – Прогнозована залежність зменшення рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» від швидкості руху завдяки застосуванню вдосконаленої системи активного шумоглушіння (у магістральному циклі на дорозі в діапазоні швидкостей руху 45–85 км/год)

Figure 13 – Predicted dependence of the reduction of the internal noise level of the SAV «Novator» on the speed of movement due to the use of an improved system of active noise cancellation (in the highway cycle on the road in the range of speeds of 45–85 km/h)

#### Висновки.

Для зниження рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» запропоновано використати систему активного шумоглушіння. Запропоновано вдосконалення системи активного шумоглушіння шляхом застосування комплексу з активних резонаторних глушників шуму. В результаті впровадження вдосконаленої системи активного шумоглушіння прогнозується пониження рівня внутрішнього шуму СБА «Новатор» на 7–11 дБА в діапазоні швидкостей 45–85 км/год.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Федоров В.В. Акустика автомобіля. – К. : Вид-во «Принт», 2008. – 285 с.
2. Дідковський В.С. Основи архітектурної та фізіологічної акустики : навч. посібник / В.С. Дідковський, С.А. Луньова. – К. : Аван-постприм, 2001. – 424 с.
3. Система активного пригнічення зовнішніх шумів [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://hyundai.com.ua/node/2934>.
4. «Новатор» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=46685>.
5. «Новатор» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://mil.in.ua/uk/broneavtomobil-novator-na-shasi-ford-f-550/>.

#### REFERENCES

1. Fedorov V.V. (2008). Akustyka avtomobilya [Car acoustics]. Kyiv. : Print, 285. [in Ukraine].
2. Didkovsky V.S., Luneva S.A. (2001). Osnovy arkhitekturnoyi ta fiziologichnoyi akustyky: Navch. posibnyk [Fundamentals of architectural and physiological acoustics: Textbook]. Kyiv. : Avan-postprim, 424. [in Ukraine].
3. Sistema aktivnogo prignichennya zovnishnih shumiv Retrieved from <https://hyundai.com.ua/node/2934>.
4. «Novator» Retrieved from <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=46685>.
5. «Novator» Retrieved from <https://mil.in.ua/uk/broneavtomobil-novator-na-shasi-ford-f-550/>.

#### РЕФЕРАТ

Федоров В.В. Зменшення рівня внутрішнього шуму бронеавтомобіля «Новатор» / В.В. Федоров, Г.А. Філіпова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

У статті запропоновано використання для зменшення рівня внутрішнього шуму військового автомобіля метода активного шумоглушіння.

Об'єкт дослідження – спеціалізований броневий автомобіль «Новатор» (СБА «Новатор»), який створений для підрозділів швидкого реагування і може використовуватися як автомобіль військової розвідки.

Мета дослідження – зменшення рівня внутрішнього шуму автомобіля військової розвідки завдяки застосуванню вдосконаленої системи активного шумоглушіння.

Метод дослідження – розрахунковий.

Однією із складових будь-якого сучасного війська є військові автомобілі, які виконують різноманітні функції, зокрема функції командно-штабних або розвідувальних. До таких військових автомобілів висуваються високі вимоги щодо рівня внутрішнього шуму, що диктуються не лише екологічними міркуваннями, а й необхідністю забезпечення розбірливості мови та захисту мовної інформації. У даній роботі розглядається застосування для броневий автомобіля «Новатор» метода активного шумоглушіння, суть якого полягає у створенні додатковим штучним керованим джерелом акустичних хвиль саме таких хвиль, які у необхідному місці простору, накладаючись на хвилі шуму, нейтралізують останні. Це можливе за умови, що штучно створені акустичні хвилі будуть тієї ж частоти й амплітуди, що і «шумові» акустичні хвилі, а у необхідному місці простору – ще й у протифазі останнім. Ураховуючи, що ефективність системи активного шумоглушіння може значно зменшуватись у моменти, коли різко змінюється частота обертання колінчастого вала двигуна, якщо активна система не встигатиме зреагувати на ці зміни, було прийнято рішення про вдосконалення останньої. Суть вдосконалення полягає у приєднанні до існуючої системи активного шумоглушіння набору активних резонаторних глушників шуму. Кожен з резонаторних глушників може змінювати свою резонансну частоту. Їх робота синхронізована з роботою двигуна внутрішнього згорання автомобіля. Кількість одиночних резонаторних глушників визначається експериментальним шляхом, виходячи зі спектру прогнозованого внутрішнього шуму. В результаті впровадження вдосконаленої системи активного шумоглушіння прогнозується пониження рівня внутрішнього шуму броневий автомобіля «Новатор» на 7–11 дБА в діапазоні швидкостей 45–85 км/год.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ВІЙСЬКОВІ АВТОМОБІЛІ, «НОВАТОР», ВНУТРІШНІЙ ШУМ, ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, АКТИВНИЙ МЕТОД ШУМОГЛУШІННЯ, РЕЗОНАТОРНИЙ ГЛУШНИК ШУМУ, РЕЗОНАНСНА ЧАСТОТА, ШВИДКІСТЬ РУХУ.

#### ABSTRACT

Fedorov, V.V., Filipova G.A. Internal noise level reduction of the armored vehicle «Novator». Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv : National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

The article proposes the use of the active noise cancellation method to reduce the internal noise level of a military vehicle.

The object of the study is the specialized armored vehicle «Novator» (SAV «Novator»), which was created for rapid response units and can be used as a military reconnaissance vehicle.

The purpose of the study is to reduce the internal noise level of a military reconnaissance vehicle through the use of an improved active noise cancellation system.

The research method is computational.

One of the components of any modern army are military vehicles that perform various functions, including command and staff or reconnaissance functions. Such military vehicles have high requirements regarding the level of internal noise, dictated not only by environmental considerations, but also by the need to ensure speech intelligibility and protection of speech information. This work examines the application of the active noise cancellation method for the «Novator» armored vehicle, the essence of which is to create an additional artificial controlled source of acoustic waves, precisely such waves, which, superimposed on the noise waves, will neutralize the latter in the necessary space. This is possible under condition that the artificially created acoustic waves are of the same frequency and amplitude as the «noise» acoustic waves, and in the necessary place of space – also in antiphase with the latter. Taking into account that the effectiveness of the active noise cancellation system can be significantly reduced at times when the frequency of rotation of the crankshaft of the engine changes sharply, if the active system does not have time to react to these changes, a decision was made to improve the latter. The essence of the improvement is to add a set of active resonator mufflers to the existing active noise cancellation system. Each of the resonator mufflers can change its resonance frequency. Their work is synchronized with the work of the vehicle's internal combustion engine. The number of single resonator mufflers is determined experimentally, based on

the spectrum of the predicted internal noise. As a result of the introduction of the improved active noise cancellation system, it is predicted that the internal noise level of the «Novator» armored vehicle will decrease by 7–11 dBA in the speed range of 45–85 km/h.

**KEY WORDS:** MILITARY VEHICLES, «NOVATOR», INTERNAL NOISE, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, ACTIVE NOISE CANCELLATION METHOD, RESONATOR MUFFLER, RESONANT FREQUENCY, SPEED OF MOVEMENT.

**АВТОРИ:**

Федоров Володимир Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри автомобілів, e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com, тел.: +380996807430, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 306, orcid.org/0000-0002-1085-5112.

Філіпова Галина Андріївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри автомобілів, e-mail: galina\_gaj@ukr.net, тел.: +380954631565, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 306, orcid.org/0000-0003-3427-7633.

**AUTHORS:**

Fedorov Volodymyr Viktorovych, Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Associate Professor of Department of Automobiles, e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com, tel. +380678300680, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, of. 306, orcid.org/0000-0002-1085-5112.

Filipova Galyna Andriivna, Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Professor of Department of Automobiles, e-mail: galina\_gaj@ukr.net, tel. +380954631565, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka, 1, of. 306, orcid.org/0000-0003-3427-7633.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Симоненко Р.В., доктор технічних наук, заступник начальника центру наукових досліджень комплексних транспортних проблем ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Automobiles, Kyiv, Ukraine.

Symonenko R.V., Doctor of Technical Sciences, Deputy Head of the Centre for Complex Transport Aspects, the State Road Transport Research Institute, Kyiv, Ukraine.