

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ШУМУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Олег Миронюк, к. т. н., Віктор Шевчук, к. т. н.
 Львівський національний аграрний університет
 вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н,
 Львівська обл., Україна,
 e-mail: omiron66@gmail.com

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2019.23.137>

Миронюк О., Шевчук В. Теоретичні дослідження зовнішнього шуму легкового автомобіля

Розглянуто питання впливу транспортного шуму на психоемоційний стан водія. Проведене дослідження джерел зовнішнього шуму легкового автомобіля Renault Symbol на різних експлуатаційних режимах роботи. Встановлені спектри частот, що найістотніше впливають на зовнішнє середовище. Розроблена модель визначення шуму в розрахунковій точці зовні автомобіля дає змогу визначити частку всіх основних джерел шуму автомобіля, що сприятиме вибору раціональної методології зниження шуму автомобіля в цілому. Запропонована модель враховує шум трансмісії, шин коліс і структурний шум; дозволяє визначити рівень звуку для легкових автомобілів з передніми ведучими рушіями, де моторно-трансмісійна установка є єдиним цілим; враховує шум, що проникає через нижній передній отвір під бампером і передній отвір через радіатор; враховує структурний шум, що створюється трансмісією; дає змогу виділити шуми з різних джерел – структурного і повітряного, а отже, знизити шум окремих джерел; дозволяє за допомогою розрахунків оцінити очікуваний рівень зовнішнього шуму автомобіля за його технічною характеристикою і вже під час проектування вибрати найраціональніший спосіб досягнення допустимих норм. Запропонована модель може бути використана під час розрахунку зовнішнього шуму не тільки автомобіля Renault Symbol, а й інших передньопривідних легкових автомобілів середнього класу з об'ємом двигуна 1,4–1,8 л, що може суттєво зменшити витрати на випробування й оцінку відповідності цих автомобілів нормованим вимогам. Модель дає змогу вже на стадії проектування автомобіля вибрати найефективніші способи доведення його за зовнішнім шумом.

Ключові слова: зовнішній шум легкового автомобіля, спектр шуму, джерела шуму, розрахункова модель.

Myroniuk O., Shevchuk V. Theoretical research of the car external noise

The article studies influence of traffic noise on the psycho-emotional state of the driver. The research examined outside noise sources of the Renault Symbol car in different operating modes, and determined the frequency spectra of noise that make the most significant influence on the external environment. The developed model for determining the noise at the reference point of outside the car allows defining of the proportion of all main sources of car noise, which help to choose rational methodology for reducing the noise of the car generally. The proposed model considers transmission noise, wheel tires, and structural noise. The model allows determining the sound level for cars with front-wheel drive, where the engine and transmission make a single unit; consider the noise income through the lower front opening under the bumper and the front opening through the radiator. The model takes into account the structural noise, generated by the transmission; allows isolating of the noise from different sources, i.e. structural and air, and therefore reduces the noise of individual sources; allows estimating of the expected level of external noise of the car referring to its technical characteristics. The model supplies choice of the most rational way of achieving of the allowable standards of noise level while designing. This model can be used to calculate the external noise of not only Renault Symbol automobile, but also other mid-range passenger cars with a 1,4-1,8 l engine capacity, which can significantly reduce the costs of testing and assessing of these cars accordance to the standard requirements. The model assists in choice of the most effective ways to reduce the external noise already at the stage of car designing.

Key words: outside car noise, noise spectrum, noise sources, calculation model.

Постановка проблеми. Шум автомобіля є проявом високочастотних динамічних процесів, що відбуваються в механізмах машин. Як відомо, на сьогодні легкові автомобілі є найрозповсюдженішими шумо-віброактивними машинами в життєвому просторі людини, і транспортний шум становить реальну небезпеку здоров'ю людини.

Це вказує на актуальність вирішення існуючої проблеми. Рівень шуму транспортних засобів є істотним аспектом сучасного життєвого простору людини, джерелом фізичного забруднення довкілля. Вивченню джерел шуму, який створюється легковим автомобілем, присвячене це дослідження.

Вплив шуму на психічний стан людини зростає зі збільшенням його інтенсивності, а також зменшенням ширини октавних смуг у спектральному відношенні. Постійні або періодичні перевищення регламентованих рівнів звуку на окремих октавах або їх сукупності можуть зумовити адекватні зміни фізіологічного стану людини, у тому числі розвиток передчасної втоми і, як наслідок, зниження продуктивності праці та збільшення кількості помилок під час роботи, особливо на великих автомагістралях. Тому вивчення спектрального шуму з погляду впливу на людину є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження багатьох вчених [1–3; 8; 16] свідчать, що під час руху автомобіля ним випромінюється шум, який створюється двигуном, системою випуску відпрацьованих газів, елементами трансмісії, шинами коліс, у результаті завихрення повітря. Кожна складова проявляється по-різному і має домінуюче значення для певних режимів роботи автомобіля.

Згідно з даними [7] основним джерелом шуму є шум від кочення коліс по дорожньому полотну, тому вирішення цієї проблеми можливе, наприклад, заміною бетонного покриття рівним асфальтовим.

Деякі вчені [8; 11] впевнені, що знизити шум від транспорту в містах за допомогою традиційних методів достатньо складно і це вимагає суттєвих матеріальних витрат. Доступнішим є контроль і зниження шуму від джерел його виникнення, у нашому випадку рівня шуму, що генерується від автомобілів (зокрема легкових, частка яких у сумарному транспортному потоці найістотніша).

Враховуючи, що шум випуску є найсильнішим джерелом зовнішнього шуму автомобіля, дослідження стосовно механізму його виникнення проводило багато дослідників. На думку В. М. Луканіна [10], причиною виникнення шуму випуску є протікання відпрацьованих газів з великою внутрішньою енергією через випускний клапан. Проведені дослідження показують, що сумарний рівень низькочастотного шуму випуску вищий, ніж високочастотного.

Силова передача легкового автомобіля містить муфту зчеплення, коробку передач, головну передачу, диференціал, привідні вали, які збуджують вібраційні коливання і є причиною акустичного випромінювання з поверхні кузова автомобіля [1; 10]. Під час роботи підшипників кочення виникають також імпульсні збурення

внаслідок хвилястості бігових доріжок, овальності тіл кочення і наявності радіальних зазорів [17]. Основними чинниками, що впливають на значення ефективного звукового тиску під час роботи зубчастої передачі, є колова сила і кутова швидкість [15]. Дослідник В. Є. Тольський [17] стверджує, що на шум основних елементів трансмісії найістотніше впливає навантаження. Простежується закономірність, що зі зростанням потужності від 3 до 30 кВт рівень шуму коробки передач зростає на 10 дБА.

Як зазначає О. Петренко [14], шини виступають основним джерелом шуму в процесі випробування за методикою, регламентованою вимогами ISO 362, Правилами № 51 ЄЕК ООН, SAE J470, згідно з якими швидкість руху автомобіля не перевищує 60 км/год. Якщо швидкість руху перевищує 80 км/год, шум шин часто перевершує всі інші його джерела.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що в процесі руху автомобіля він випромінює шум, що створюється двигуном, агрегатами трансмісії автомобіля, кузовом (під дією двигуна, дороги і потоку повітря) і допоміжним устаткуванням. Кількісно оцінити складові шуму автомобіля експериментальним шляхом доволі складно. Аналізуючи частотний спектр шуму, можна виокремити окремі його джерела утворення. Наприклад, якщо різні джерела шуму проявляються в різних частотних діапазонах, їх можливо легко розділити, незважаючи навіть на близькість їх енергетичних рівнів. Проте окремі джерела шуму автомобіля, як правило, проявляються у широкому спектрі частот, не маючи чітко вираженої вузької частотної смуги.

Загалом можна стверджувати, що рівень зовнішнього шуму автомобіля залежить від багатьох чинників, які необхідно враховувати під час розрахунків.

Постановка завдання. Важливим є встановлення залежності шуму автомобіля і його окремих агрегатів від особливостей конструкції та режимів роботи. Зовнішній шум автомобіля найістотніше залежить від режиму роботи двигуна і типу дорожнього покриття й може змінюватися в широкому діапазоні. Тому метою дослідження є встановлення джерел випромінювання шуму легкового автомобіля та проведення спектрального аналізу шуму для різних експлуатаційних умов роботи.

Виклад основного матеріалу. До сучасного автомобіля ставляться підвищені вимоги

безпеки, у тому числі й щодо шумового навантаження [4; 5]. Легковий автомобіль має джерела шуму різної акустичної потужності, з якого формується сумарне звукове поле навколо автомобіля [19]. Джерелами шуму виступають: двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), системи випуску відпрацьованих газів, випуску повітря, трансмісія, ходова частина [12; 13].

Запропонована методика дає змогу провести розрахунок зовнішнього шуму, який створюється зазначеними складовими, включаючи структурний шум, що передається через тверді тіла (рис. 1).

Сумарний рівень шуму в розрахунковій точці визначають сумуючи рівні звуку від кожного з джерел на основі відомої формули додавання звукового тиску [9; 10]:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \quad (1)$$

У разі розрахунку для автомобіля Renault Symbol можна записати:

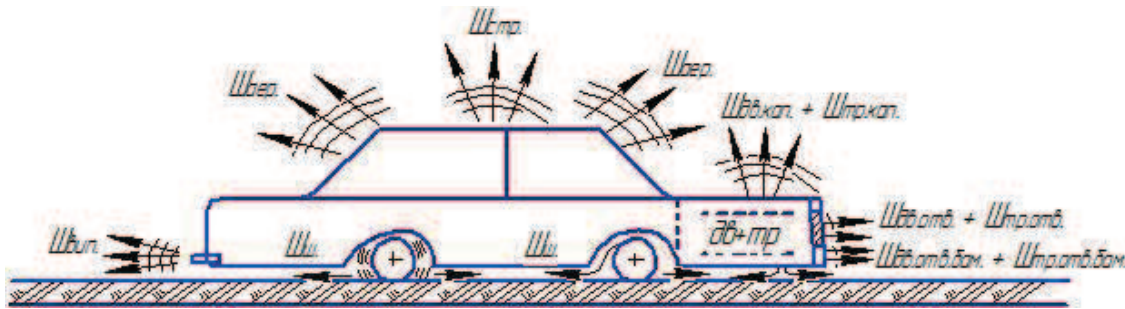


Рис. 1. Схема джерел зовнішнього шуму автомобіля:

$Ш_{дв.кап.}$ – шум двигуна, що проникає через капот; $Ш_{тр.кап.}$ – шум трансмісії, що проникає через капот; $Ш_{дв.отв.}$, $Ш_{дв.отв.бам.}$ – шум двигуна, що проникає через передній і нижній отвори відповідно; $Ш_{тр.отв.}$, $Ш_{тр.отв.бам.}$ – шум трансмісії, що проникає через передній і нижній отвори відповідно; $Ш_{аер.}$ – аеродинамічний шум; $Ш_{вип.}$ – шум випуску відпрацьованих газів; $Ш_{ш.}$ – шум пневматичних шин; $Ш_{ст.дв.}$, $Ш_{ст.тр.}$ – структурний шум кузова від двигуна і трансмісії.

Fig. 1. Scheme of the car external noise sources:

$Ш_{дв.кап.}$ – engine noise penetrating through the bonnet; $Ш_{тр.кап.}$ – transmission noise penetrating through the bonnet; $Ш_{дв.отв.}$, $Ш_{дв.отв.бам.}$ – engine noise penetrating through the front and bottom openings; $Ш_{тр.отв.}$, $Ш_{тр.отв.бам.}$ – transmission noise penetrating through the front and bottom openings; $Ш_{аер.}$ – aerodynamic noise; $Ш_{вип.}$ – exhaust gases noise; $Ш_{ш.}$ – noise of pneumatic tires; $Ш_{ст.дв.}$, $Ш_{ст.тр.}$ – structural noise of the body from the engine and transmission.

На основі моделі розрахунку шуму [9; 17] узагальнений вираз для розрахунку шуму, що проникає через капот і систему випуску, запишеться так:

$$L_i = L_{Wi} + C_1(\omega) - \bar{3I} + b_i - a_i + 10 \lg(1 - \bar{\alpha}_s) + PC - \beta - C - X, \quad (3)$$

де L_{Wi} – рівень звукової потужності i -го джерела; b_i – показник, що враховує співвідношення між площами панелі капота, отворами капота і загальною площею капота; a_i – показник, що враховує

$$L_{авт} = 10 \lg(10^{0,1L_{дв.кап.}} + 10^{0,1L_{дв.н.пр.}} + 10^{0,1L_{дв.отв.рад.}} + 10^{0,1L_{дв.отв.бам.}} + 10^{0,1L_{тр.кап.}} + 10^{0,1L_{тр.н.пр.}} + 10^{0,1L_{тр.отв.рад.}} + 10^{0,1L_{тр.отв.бам.}} + 10^{0,1L_{вип.}} + 10^{0,1L_{ш.}} + 10^{0,1L_{ст.дв.}} + 10^{0,1L_{ст.тр.}} + 10^{0,1L_{аер.}}), \quad (2)$$

де $L_{дв.кап.}$ – шум двигуна, що проходить через капот; $L_{дв.отв.рад.}$ – шум двигуна, що проходить через отвір решітки радіатора; $L_{дв.н.отв.}$, $L_{тр.н.отв.}$ – відповідно шум двигуна і трансмісії, що проходить через нижній отвір; $L_{дв.отв.бам.}$ – шум двигуна, що проходить через нижній отвір під бампером; $L_{тр.кап.}$ – шум трансмісії, що проходить через капот; $L_{тр.отв.рад.}$ – шум трансмісії, що проходить через отвір решітки радіатора; $L_{тр.отв.бам.}$ – шум трансмісії, що проходить через нижній отвір під бампером; $L_{вип.}$ – шум випуску відпрацьованих газів; $L_{ш.}$ – шум шин; $L_{ст.дв.}$, $L_{ст.тр.}$ – структурний шум кузова відповідно від двигуна і трансмісії; $L_{аер.}$ – аеродинамічний шум.

відстані від джерела шуму до розрахункової точки і висоту отворів; PC – показник спрямованості; $\bar{\alpha}_s$ – середній коефіцієнт звукопоглинання; β – коефіцієнт, що враховує розташування джерела шуму; C – коефіцієнт проникнення (у разі проникнення шуму через панелі огорожі $C = 12,5$, через відкритий отвір – $C = 14$, у відкритий простір – $C = 0$); X – коефіцієнт, що враховує кут випромінювання, який для $\Omega = \pi$ дорівнює 5 дБ, для $\Omega = 2\pi$ – 8 дБ, для $\Omega = 4\pi$ – 11 дБ

(Ω – просторовий кут випромінювання джерел, у разі випромінювання у відкритий простір він становить 4π , у напівпростір – 2π , у двогранний кут – π); $C_1(\omega)$ – показник розраховується за формулою

$$C_1(\omega) = 10 \lg \left(\frac{\chi_{\text{кан.}}}{r^4 \pi^2 r_{\text{де.}}} + \frac{4\psi_{\text{кан.}}}{B_{\text{кан.}}} \right), \quad (4)$$

де $\chi_{\text{кан.}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив ближнього звукового поля; r – відстань від двигуна до розрахункової точки, м; $r_{\text{де.}}$ – відстань від двигуна до панелі капота, м; $\psi_{\text{кан.}}$ – коефіцієнт, що враховує порушення дифузії звукового поля; $B_{\text{кан.}}$ – стала капота, м², визначається з виразу

$$B_{\text{кан.}} = A_{\text{кан.}} / (1 - \bar{\alpha}_{\text{кан.}}), \quad (5)$$

де $A_{\text{кан.}}$ – звукопоглинання капота, м²;

$$A_{\text{кан.}} = \bar{\alpha}_{\text{кан.}} S_{\text{кан.}},$$

тобто це добуток середнього коефіцієнта звукопоглинання конструкції капота $\bar{\alpha}_{\text{кан.}}$ і загальної площі панелей капота $S_{\text{кан.}}$, м²;

\bar{Z} – зведена звукоізоляція капота, дБ, яку визначають за формулою

$$\bar{Z} = 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{кан.}i}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{кан.}i} \times 10^{0,1(\bar{Z}_{\text{кан.}i} + t_{\text{кан.}i})}}, \quad (6)$$

де $S_{\text{кан.}i}$ – площа i -тої панелі капота, м²; n – кількість панелей капота; $\bar{Z}_{\text{кан.}i}$ – звукоізоляція i -тої панелі капота, дБ; $t_{\text{кан.}i}$ – добавка до звукоізоляції панелей капота залежно від їх розташування відносно розрахункової точки, дБ (дорівнює 0, якщо поверхня розташована навпроти розрахункової точки, 5 дБ – на бічних або верхній панелі капота, 8 дБ – на задній відносно розрахункової точки панелі капота).

Частку шуму двигуна в розрахунковій точці визначають як суму рівнів шуму складових: шуму, що проходить через капот (панелі огорожі), шуму, що проходить через нижній отвір у решітці радіатора, шуму, що проходить через передній відкритий отвір у решітці радіатора, шуму, що проходить через нижній отвір під бампером. Таким чином, отримуємо вираз:

$$L_{\text{де.}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{де.кан.}}} + 10^{0,1L_{\text{де.отв.пад.}}} + 10^{0,1L_{\text{де.н.отв.}}} + 10^{0,1L_{\text{де.отв.бам.}}}). \quad (7)$$

Частку шуму від трансмісії в розрахунковій точці визначають як суму рівнів таких складових: шуму, що проникає через панелі огорожі трансмісії (капот), шуму, що проникає через нижній отвір решітки радіатора, шуму, що проникає через передній відкритий отвір, і шуму,

що проникає через нижній передній отвір під бампером. Враховуючи вираз (2), отримаємо:

$$L_{\text{мп.}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{мп.кан.}}} + 10^{0,1L_{\text{мп.отв.пад.}}} + 10^{0,1L_{\text{мп.н.отв.}}} + 10^{0,1L_{\text{мп.отв.бам.}}}). \quad (8)$$

Користуючись відомим виразом (3), визначимо шум системи випуску відпрацьованих газів, що проникає до розрахункової точки:

$$L_{\text{вин.}}^{7,5} = L_{W_{\text{вин.}}} + C_1(\omega) - a_3 + PC - \beta_{\text{вин.}} - x, \quad (9)$$

де $L_{W_{\text{вин.}}}$ – спектр звукової потужності випуску відпрацьованих газів; a_3 – коефіцієнт, який визначаємо за формулою

$$a_3 = 20 \lg R_{\text{вин.}} / r_{\text{вин.}}, \quad (10)$$

де $R_{\text{вин.}}$ – відстань від отвору випускної труби до розрахункової точки, м; $r_{\text{вин.}} = 0,25$ м; PC – показник спрямованості випуску (якщо вихлопна труба спрямована вгору, то $PC = 0$, якщо в бік робочого місця, то $PC = 4$ дБ, якщо в протилежний бік, то $PC = -4$ дБ); $\beta_{\text{вин.}}$ – коефіцієнт, що враховує розташування випускної труби на автомобілі (якщо труба виводиться вгору, $\beta_{\text{вин.}} = 0$, якщо вбік – 5 дБ, якщо за капот – 8 дБ); x – визначається з виразу (3).

На утворення шуму шини впливає низка її конструктивних параметрів: форма елементів протектора; зміна кроку його рисунка; форма, глибина і число канавок, безперервність канавки. Шум шин вираховуємо за формулою [6]:

$$L_{\text{ш.}} = 30 \lg V_a + 30 \lg B - 50, \quad (11)$$

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год; B – ширина профілю шини, мм.

Вібраційні коливання відіграють помітну роль у процесі утворення шуму в автомобілях. Найбільший вплив у діапазоні 31,5–1000 Гц, що пояснюється вібраційною активністю таких джерел, як ДВЗ, коробка передач [17].

Утворення шуму двигуна характерне для всіх тактів робочого циклу, особливо це стосується процесу згоряння палива і моментів відкриття й закриття клапанів, коли інтенсивне утворення шуму відбувається у вигляді короткочасних імпульсів. Під час проходження тактів робочого циклу виникає звукове (акустичне) випромінювання під дією: тиску газів, реактивного моменту, збурення у впускних і випускних системах, сил, що виникають в агрегатах і механізмах двигуна [10].

Згинальні і крутильні коливання, які виникають у трансмісії автомобіля, можуть також слугувати причиною шуму, що випромінюється деталями кузова. Силова передача автомобіля, до складу якої входять муфта зчеплення, коробка передач, головна передача, диференціал, привідні

вали, є джерелом вібраційних коливань і причиною акустичного шуму кузова.

Спрощено процес передачі й утворення структурного звуку автомобіля відбувається таким чином. Вібрація від працюючого двигуна і трансмісії передається через опорні подушки на раму, а далі через підлогу на корпус кузова, затухаючи в процесі переходу через з'єднання, і випромінюється в навколишнє середовище.

Значення структурного звуку в розрахунковій точці, дБ [9]:

$$L_{cm}^{pm} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{cm,i}}, \quad (12)$$

де $L_{cm,i}$ – звук, що випромінюється i -тою поверхнею кузова, дБ; n – число поверхонь кузова (підлога, стіни, стеля).

Якщо прийняти, що підлога – найбільш вібраційно навантажена поверхня кузова, то на основі розрахунку структурного звуку отримано вираз:

$$L_{cm,i} = (L_{cm,підл.} - \Delta i) + 10 \lg \frac{S_i}{\bar{\alpha}} + 10 \lg j_i + PC + 6, \quad (13)$$

де $L_{cm,i}$ – звук, що випромінюється i -тою поверхнею кузова; Δi – поправковий коефіцієнт згасання вібраційних коливань, дБ [17]; S_i – площа коливної поверхні; $\bar{\alpha}$ – коефіцієнт звукопоглинання поверхонь; j_i – коефіцієнт випромінювання звуку i -тою поверхнею стінок кузова,

що залежить від матеріалу й характеру закріплення поверхні конструкції; $L_{cm,підл.}$ – вібрація, що передається від джерела до підлоги кузова,

$$L_{cm,підл.} = L_{дж.в.} - \Delta L_{дж.в.} - \Delta L_{зат.в.} - \Delta L_{стінк.}, \quad (14)$$

де $L_{дж.в.}$ – рівень віброшвидкості на опорних поверхнях джерела вібрації, дБ (відносно стандартного рівня віброшвидкості $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с) [18]; $\Delta L_{дж.в.}$ – перепад вібрації на віброізоляторах джерела вібрації, дБ [17]; $\Delta L_{стінк.}$ – перепад вібрації на віброізоляторах стінок кузова, дБ [17]; $\Delta L_{зат.в.}$ – згасання вібраційних коливань у рамних конструкціях, дБ.

Перевірку адекватності моделі проводили за допомогою порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними [20] (рис. 2, 3).

Порівнявши дані, отримані експериментальним і розрахунковим способами, можна стверджувати, що модель адекватна.

Результати розрахунку складових зовнішнього шуму автомобіля Renault Symbol на основі запропонованої моделі зведено в таблиці.

Проведено розрахунки спектрів рівня шуму за характеристикою шумоміра А і спектрів шуму за характеристикою Lin автомобіля Renault Symbol під час руху, стоянки і руху накатом. Результати відображено на рис. 4.

Проведено розрахунок сумарного рівня звуку шин з різною шириною профілю, результати якого подано на рис. 5.

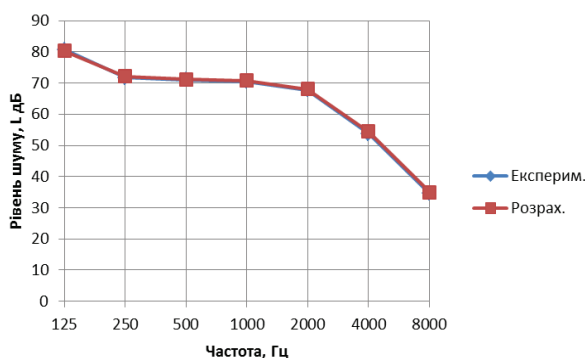


Рис. 2. Спектри рівня шуму автомобіля Renault Symbol під час руху, отримані експериментальним і розрахунковим способами

Fig. 2. Experimental and calculated noise spectra levels of Renault Symbol while driving

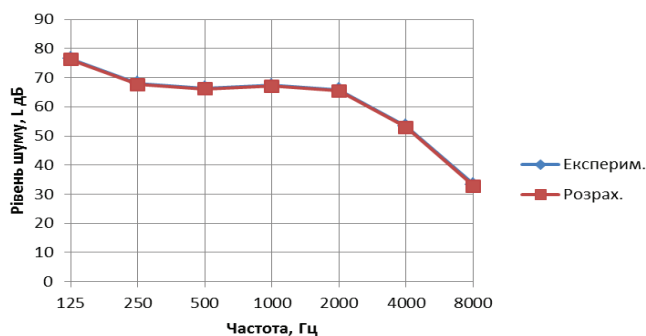


Рис. 3. Спектри рівня шуму автомобіля Renault Symbol під час стоянки, отримані експериментальним і розрахунковим способами

Fig. 3. Experimental and calculated noise spectra levels of Renault Symbol while parking

Таблиця. Результати розрахунку рівня звуку автомобіля Renault Symbol в розрахунковій точці (на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля)

Table. Results of the calculation of the sound level of Renault Symbol car at the reference point (at a distance of 7.5 m from the longitudinal axis of the car)

Джерела шуму	Значення L, A
ДВЗ через капот	60,251
ДВЗ через нижній отвір	71,885
ДВЗ через отвір решітки радіатора	64,891
ДВЗ через нижній отвір під бампером	69,952
Трансмісія через капот	56,446
Трансмісія через нижній отвір	68,125
Трансмісія через отвір решітки радіатора	61,107
Трансмісія через нижній отвір під бампером	64,005
Система випуску відпрацьованих газів	59,883
Шини	66,158
Структурний шум кузова від ДВЗ	61,361
Структурний шум кузова від трансмісії	57,737
Сумарний рівень під час руху	76,33
Сумарний рівень під час стоянки	71,47
Сумарний рівень під час руху накатом	67,15

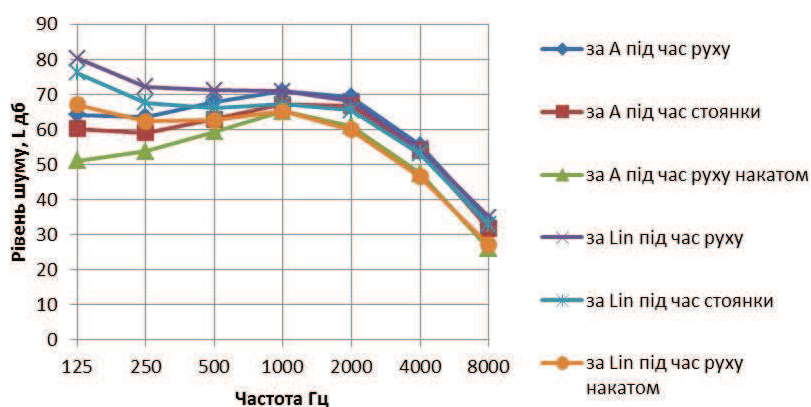


Рис. 4. Спектри рівня шуму за характеристиками шумоміра A і Lin під час руху, стоянки і руху накатом автомобіля Renault Symbol

Fig. 4. Noise level spectra by the characteristics of A and Lin sound level meter during driving, parking and coasting of a Renault Symbol car

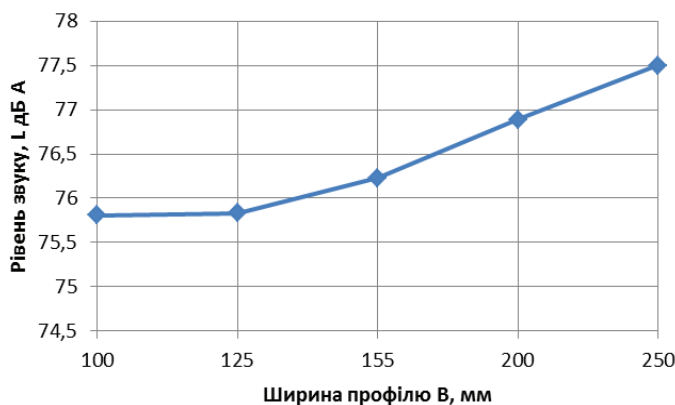


Рис. 5. Розрахунковий рівень звуку шин залежно від їх ширини профілю

Fig. 5. Estimated sound level of the tires, depending on their profile width

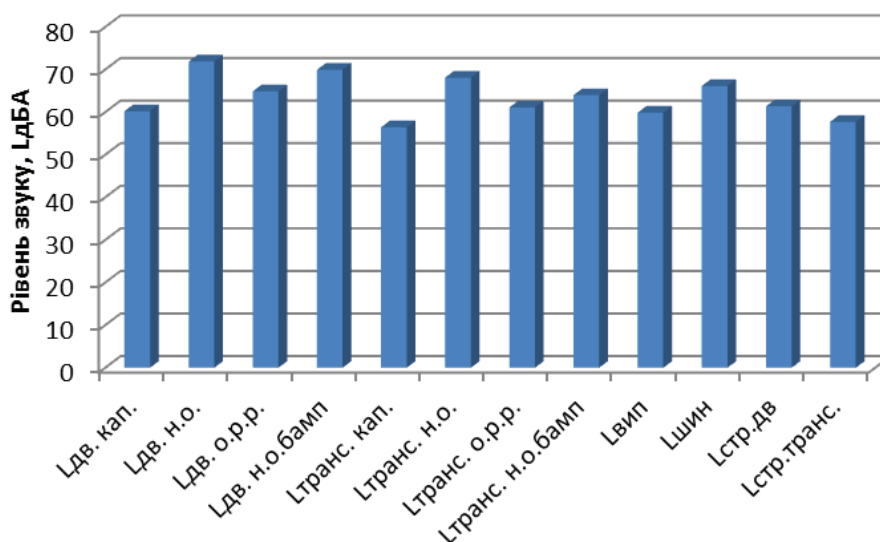


Рис. 6. Рівні звуку різних джерел автомобіля Renault Symbol на відстані 7,5 м від його поздовжньої осі

Fig. 6. Levels of different source sounds of a Renault Symbol car at the distance of 7.5 m from its longitudinal axis

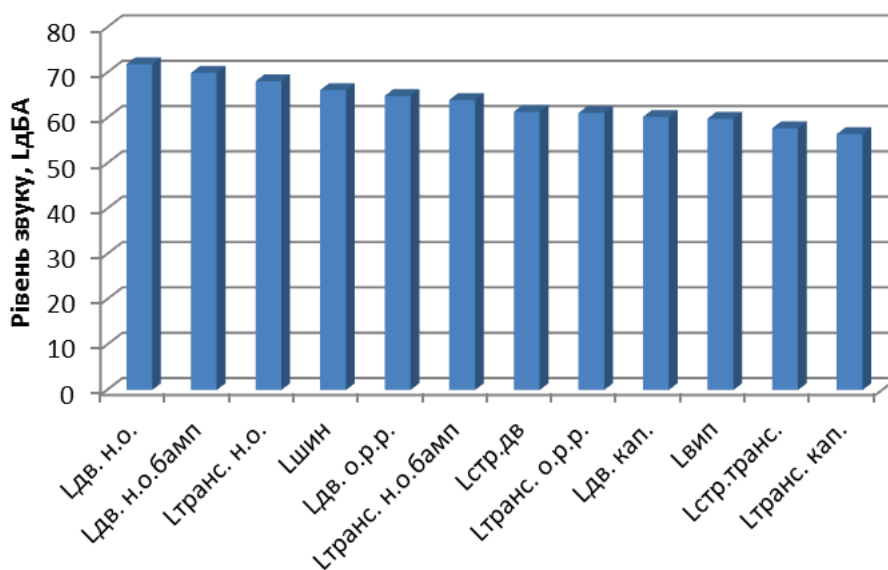


Рис. 7. Ранжирувальний ряд рівня звуку від різних джерел автомобіля Renault Symbol на відстані 7,5 м від його поздовжньої осі

Fig. 7. Ranging level of different source sounds of a Renault Symbol car at the distance of 7.5 m from its longitudinal axis

Одержані на основі розрахунку складові рівня звуку від окремих джерел його отримання для автомобіля Renault Symbol, що визначають рівень зовнішнього шуму для стандартних умов, показано на гістограмі (див. рис. 6).

Для кращого аналізу на рис. 7 ті ж самі складові проранжовані в порядку зменшення їх значущості в сумарному шумі.

На основі аналізу отриманих гістограм можна стверджувати, що найістотніший вплив на

зовнішнє середовище у легкового автомобіля моделі Renault Symbol має шум двигуна, який проникає через нижню частину транспортного засобу. Вагома частка припадає також на шум від пневматичних шин. Для зменшення шуму найдоцільніше, як це впливає з розрахунків, зменшувати площу отворів моторного відсіку завдяки застосуванню звукоізолювальних матеріалів.

Висновки

1. Найбільша частка шуму припадає на ДВЗ, таким чином, основним джерелом шуму в легкових автомобілів Renault Symbol можна вважати двигун.

2. Через відкриті отвори проникає значна частина сумарного шуму. У разі закриття цих отворів сумарний рівень знижується на 8 дБА.

3. Через нижній отвір у розрахункову точку проникає велика частина звуку (72,2 дБА). Якщо зменшити площу цього отвору на 50 %, рівень звуку знизиться на 1,4 дБА.

4. Зниження структурного шуму, що випромінюється корпусними деталями двигуна і трансмісії, на сьогодні є складним технічним завданням. Найдоцільніше, як це впливає з розрахунків, зменшувати площу отворів моторного відсіку завдяки застосуванню звукоізолювальних конструкцій.

5. За допомогою розрахунків отримані спектри шуму. Дані свідчать, що шум, який випромінює автомобіль, переважно перебуває в діапазоні частот від 95 до 1250 Гц.

6. Результати розрахунків спектрів шуму, скоригованих за характеристикою А шумоміра, свідчать, що звук, що випромінюється автомобілем, переважає в діапазоні октавних смуг з частотами 500, 1000 і 2000 Гц. Тому зниження рівня звуку автомобіля можна досягнути за рахунок зменшення рівня звуку спектральних складових вказаного діапазону.

7. Ширина профілю пневматичної шини має вплив на сумарний рівень звуку. Із зменшенням ширини на 55 мм сумарний рівень знижується на 0,33 дБА за швидкості руху 50 км/год.

8. Частка шуму системи випуску відпрацьованих газів практично не чинить впливу на сумарний рівень у розрахунковій точці.

Бібліографічний список

1. Балабин И. В., Куров Б. А., Лаптев С. А. Испытания автомобилей. Москва: Машиностроение, 1988. 192 с.
2. Галевко Ю. В., Щепкин А. И. Европейское нормирование в области ограничения шума транспортных средств. *Журнал автомобильных инженеров*. 2014. № 2(85). С. 6–10.
3. Гудцов В. Н. Современный легковой автомобиль: экология, экономичность, электроника, эргономика. Тенденции и перспективы развития. Москва: КНОРУС, 2016. 448 с.
4. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2010. 110 с.
5. Зотов Л. Л. Экологическая безопасность автомобилей. Санкт-Петербург: СЗТУ, 2005. 115 с.
6. Карпенко В. А. Вопросы шума при взаимодействии шины с дорогой. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2015. № 71. С. 109–111.
7. Карпенко В. А., Левченко А. Н., Бараник И. М. Автомобильная шина как объемный излучатель шума. *Автомобильный транспорт*. 2008. № 23. С. 76–80.
8. Качмар Р. Я. Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова. *Автомобільний транспорт: дослідження*. 2013. № 1(231). С. 10–13.
9. Лепендин Л. Ф. Акустика. Москва: Высш. шк., 1978. 448 с.
10. Луканин В. Н., Гудцов В. Н., Бочаров Н. В. Снижение шума автомобиля. Москва: Машиностроение, 1981. 158 с.
11. Лучко І. А. Результати дослідження шумового навантаження на вулицях, дорогах та проспектах м. Києва. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*. 2010. Вип. 19. С. 188–197.
12. Миронюк О. С. Про джерела зовнішнього шуму легкового автомобіля. *Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання: тези доп. III Всеукр. наук.-теор. конф.*, 28–30 берез. 2019 р. Дрогобич: Посвіт, 2019. С. 92–93.
13. Миронюк О. С., Шевчук В. В., Грабовець В. В. Вплив зовнішнього шуму легкового автомобіля на довкілля. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. № 1(12). С. 107–113.
14. Петренко О. Аналіз вимог чинних нормативно-правових актів щодо допустимих рівнів шуму і вібрації автомобіля. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Автоматика вимірювання та керування*. 2013. № 753. С. 152–158.

15. Разумовский М. А. Борьба с шумом на тракторах. Минск: Наука и техника, 1973. 206 с.

16. Самойлюк Е. П., Денисенко В. И., Пилипенко А. П. Борьба с шумом в населенных местах. Киев: Будівельник, 1981. 144 с.

17. Тольский В. Е. Виброакустика автомобиля. Москва: Машиностроение, 1988. 432 с.

18. Хиклинг Р. Аэрогидромеханический шум в технике. Москва: Мир, 1980. 336 с.

19. Mironyuk O., Shevchuk V. Noise load of a car on the environment. *Commission of Motorization and Energetics in Agriculture: An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery*. 2017. Vol. 19, No. 4. P. 19–23.

20. Mironyuk O., Shevchuk V. Spectral analysis of a passenger car vehicle external noise. *Commission of Motorization and Energetics in Agriculture: An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery*. Lublin, 2018. Vol. 20, No. 1. P. 91–94.

Стаття надійшла 01.10.2019