

Розділ 9
ІНЖЕНЕРІЯ БЕЗПЕКИ ДОВКІЛЛЯ
ТА БЕЗПЕКИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 629.656

ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Олег Мירוнок¹, к. т. н., Віктор Шевчук¹, к. т. н., Ярослав Ценюх²

¹*Львівський національний аграрний університет
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н,
Львівська обл., Україна,*

e-mail: omuron66@gmail.com, shevtyk@meta.ua

²*Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,
вул. Л. Мартовича, 15, смт Магерів, Жовківський р-н,
Львівська обл., Україна,
e-mail: lfilia@ukr.net*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.152>

Миронок О., Шевчук В., Ценюх Я. Дослідження шумового навантаження легкових автомобілів

Розглянуто питання впливу шуму транспортних засобів на фізичний стан водія та на навколишнє середовище. Проведено експериментальне дослідження зовнішнього шуму навколо легкового автомобіля Renault Symbol на різних експлуатаційних режимах роботи. Здійснено огляд останніх публікацій у сфері дослідження зовнішнього шуму автомобіля. З'ясовано основні джерела його випромінювання, що формують сумарне звукове поле навколо автомобіля. Запропонована методика, що дає змогу експериментально встановити шумове поле навколо автомобіля для різних режимів його роботи. Проведені дослідження доводять, що зі збільшенням робочого об'єму двигуна і частоти обертання його колінчастого вала зростає й рівень шуму автомобіля. Отримано аналітичні залежності рівня зовнішнього шуму автомобіля та рівня шуму від системи випуску відпрацьованих газів залежно від частоти обертання колінчастого вала, а також рівня зовнішнього шуму залежно від віддаленості від автомобіля за умови роботи з глушником та без глушника шуму. Встановлене шумове поле автомобіля Renault Symbol і запропоноване раціональне шумове поле, які дозволяють: дотриматись допустимого рівня шуму на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля; забезпечити підвищену спрямованість шуму вздовж напрямку руху, як чинник додаткового інформування пішоходів і водіїв про наближення автомобіля для забезпечення їхньої безпеки; забезпечити різний показник спрямованості з правої чи лівої сторони автомобіля залежно від організації дорожнього руху.

Запропонована методика може бути використана під час дослідження 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.

Ключові слова: зовнішній шум легкового автомобіля, шумове поле, джерела шуму, спрямованість шуму, режим роботи.

Myroniuk O., Shevchuk V., Tsenyukh Ya. Research of vehicle noise load

The effect of vehicle noise on the driver's physical conditions and the environment is considered in the work. Experimental testing of the external noise around the Renault Symbol passenger car has been carried out at different operating modes. The authors have made the overview of the latest publications in the field of the study of car external noise. The main sources of its radiation, which form the total sound field around the car, are found out. The article suggests a technique that allows experimental setting the noise field around the car for different modes of operation. The conducted researches prove that with increase of working volume of the engine and frequency rotation of its crankshaft, the level of sound of the car increases. Analytical dependences of the external noise level of the car and the sound level of the exhaust gas system were obtained, depending on the crankshaft rotation speed, as well as the external noise level, depending on the distance from the vehicle when operating with the muffler and without the muffler. The Renault Symbol vehicle noise field is installed and a rational noise field is proposed. It allows maintaining a permissible noise level at a distance of 7.5 m from the vehicle's longitudinal axis; providing increased directional noise along the direction of traffic as a factor in the further informing pedestrians and drivers about approaching the vehicle to ensure their safety; providing different directional indicators on the right or left side of the car depending on the traffic organization. This method can be used during testing the external noise not only of the automobile Renault Symbol, 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 the conformity of those cars standard requirements. The method allows choosing the most effective ways of bringing it through external noise already at the stage of car designing.

Key words: outside car noise, noise field, noise sources, noise direction, operating mode.

Постановка проблеми. Шумність на вулицях сучасного міста – один з головних чинників, що впливає на екологічну ситуацію. Загальний рівень шуму залежить від числа джерел підвищеного шуму та інтенсивності шуму кожного з них. Невпинний технічний прогрес зумовлює збільшення негативного для людини штучного шуму, а в разі високого рівня – небезпечного для здоров'я [13]. У містах в основному переважає шум від автомобільного транспорту і різних виробництв [14; 16; 17]. Автомобілі є переважаючим джерелом інтенсивного і тривалого шуму. Зі всіх видів транспорту в міських умовах автомобільний транспорт має найнесприятливішу акустичну дію. Тому дослідження параметрів шуму автомобільного транспорту є пріоритетним завданням. У боротьбі з шумом найменш затратним і найдоступнішим способом є зниження його рівня безпосередньо в джерелі утворення, у даному випадку рівня шуму, що генерується від автомобілів (зокрема легкових, частка яких у сумарному транспортному потоці з року в рік зростає). З огляду на це виникає необхідність дослідження шумового навантаження легкових автомобілів на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання, пов'язані з шумом під час руху автомобільного транспорту, розглядало чимало вчених [2; 5; 8; 14]. Переважна більшість фахівців стверджує, що з кожним роком усе чіткіше проглядається тенденція до збільшення показників транспортного шуму, рівень якого наближається до гранично допустимого.

Шум автотранспорту під час руху треба розглядати як сукупність звуків різної частоти й інтенсивності, що сприймаються органами слуху людини і викликають неприємні суб'єктивні відчуття, а як фізичне явище являють собою механічні коливні рухи випадкового характеру, що хвилеподібно поширюються в пружному середовищі [8]. Показники шуму залежать від таких чинників, як потужність, технічний стан і режим роботи двигуна, вид та якість дорожнього покриття і швидкість руху, кваліфікація водія, особливості руху на окремих ділянках дороги, частота використання та сили сигналізації автотранспортних засобів тощо.

Дані автовиробників свідчать (рис. 1) [8], що з чотирьох складових джерел шуму легкового автомобіля – три стосуються двигуна і лише одна автомобіля.

Двигун, як коливний об'єкт, що генерує шум, є основним джерелом зовнішнього шуму

автомобіля. Структурний шум двигуна містить дві складові: зумовлену процесом згоряння і механічну. Відомо [18], що шум від процесу згоряння у дизелів вищий, ніж у бензинових двигунах, і більшою мірою це проявляється за невисокої частоти обертання колінчастого вала. Із збільшенням частоти обертання переважаючим стає механічний шум, що викликаний ударними навантаженнями в деталях двигуна і, головним чином, переходом поршнів через мертві точки в циліндрах двигуна.

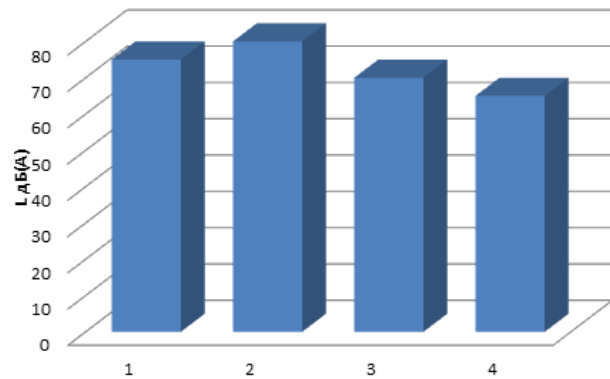


Рис. 1. Баланс джерел шуму легкового автомобіля: 1 – система впуску; 2 – двигун; 3 – система випуску; 4 – шини

Fig. 1. Balance of vehicle noise sources: 1 – inlet system; 2 – engine; 3 – release system; 4 – tires

Враховуючи, що шум випуску є одним із найсильніших джерел зовнішнього шуму автомобіля, дослідження стосовно механізму його виникнення проводило багато дослідників. На думку В. Н. Луканіна [10], причиною виникнення шуму випуску є протікання відпрацьованих газів з великою внутрішньою енергією через випускний клапан.

В елементах трансмісії виникають суттєві згинальні та крутильні коливання, які можуть бути причиною шуму, що випромінюється деталями кузова [10]. Експериментальні дані [15] свідчать, що рівень звукового тиску складної механічної силової передачі можна відобразити у вигляді функції

$$L = f(N, R, M), \quad (1)$$

де N – потужність, що передається до ведучих рушіїв; R – число пар шестерень, які одночасно працюють у трансмісії; M – маса елементів трансмісії.

Під час руху автомобіля в результаті взаємодії шин коліс з опорною поверхнею виникають вібраційні коливання та шум, особливо це стосується високих швидкостей руху [10]. Низка

вчених [5; 20] відзначає, що саме 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 автотранспортних засобів не перевищує 60 км/год. Якщо швидкість руху перевищує 80 км/год, шум шин часто перевершує всі інші його джерела.

До чинників, що впливають на рівень шуму шин, належать: стан поверхні і тип дорожнього полотна, навантаження на колесо і ступінь спрацювання шин. Шини з поперечним рисунком протектора випромінюють більший шум, ніж із поздовжнім.

У працях [6; 14] зазначено, що знизити шум від транспорту в містах за допомогою традиційних методів достатньо складно і це вимагає суттєвих капіталовкладень. Доступнішим видається контроль і зниження шуму від безпосередніх джерел його виникнення – автомобілів.

Постановка завдання. Таким чином, робота присвячена розв'язанню актуального науково-практичного завдання, що полягає у вивченні впливу автотранспорту на стан шумового забруднення довкілля з подальшим розробленням заходів його раціонального розподілу на основі розроблення наукових методів оцінки та прогнозування вказаного впливу, а також рекомендацій і алгоритму забезпечення безпеки дорожнього руху. Метою нашого дослідження є оцінювання впливу автотранспорту на стан шумового забруднення довкілля за допомогою побудови шумового поля автомобіля з розробленням заходів його зменшення.

Виклад основного матеріалу. Сучасний автомобіль повинен відповідати підвищеним вимогам безпеки, у тому числі й стосовно шумового впливу на довкілля [2; 4; 11]. Легковий автомобіль має різні джерела шуму різної акустичної потужності, з яких формується сумарне звукове поле навколо автомобіля [21]. Джерелами шуму виступають: двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), системи випуску відпрацьованих газів, впуску повітря, трансмісія, ходова частина [8; 10].

Запропонована методика дає змогу експериментально встановити шумове поле навколо автомобіля для різних режимів його роботи.

За об'єкт дослідження було взято легковий автомобіль фірми Renault, моделі Symbol з бензиновим двигуном робочим об'ємом 1,4 л [7]. Автомобіль обладнаний п'ятиступінчатою меха-

нічною коробкою передач. Кузов автомобіля Renault Symbol несучий, суцільнометалевий, зварної конструкції. Трансмісія виконана згідно з передньопривідною схемою.

Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих [1; 3; 4; 9; 19] і розроблених [12] методик за допомогою шумоміра 1-го класу ВШВ-003-М2 з похибкою вимірювань $\pm 0,7$ дБ(А). Для вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна використовували тахометр панелі приладів автомобіля Renault Symbol з діапазоном вимірювань (0...7000) об./хв, з граничною похибкою (-50...+300) об./хв. Для вимірювання швидкості вітру було використано прилад ANEMO виробництва Німеччини з діапазоном вимірювання 0...35 м/с, граничною похибкою $\pm 0,5$ м/с і ціною поділки 1 м/с. Усі відстані вимірювали сталевую стрічкою завдовжки 5 м з міліметровими поділками, з похибкою 1 мм.

Вимірювання рівнів шуму автомобіля Renault Symbol проводили за таких кліматичних умов: 1) атмосферні опади відсутні; 2) атмосферний тиск 1013 гПа (760 мм рт. ст.); 3) температура повітря 25 ± 5 °С; 4) швидкість вітру < 2 м/с. Враховуючи, що рівень сторонніх шумових перешкод $L = 52,5$ дБ(А) є нижчим від виміряних рівнів шуму автомобіля в межах більше ніж 10 дБ(А), то результати вимірювань можна вважати достовірними без внесення жодних поправок. Випробування проводили на горизонтальній ділянці зі сухим асфальтобетонним покриттям. У радіусі 50 м від середини вимірювальної ділянки не було споруд чи інших об'єктів, що відбивають звук.

Програмою експериментальних досліджень було передбачено визначення шумового поля автомобіля. Вимірювання шуму проводили у 12 точках навколо автомобіля на відстані 1 м від його поверхні, під час стоянки автомобіля з працюючим двигуном, частота обертання колінчастого вала якого 750 і 4500 об./хв; мікрофон встановлювали на висоті 1 м.

Вимірювали рівні шуму нерухомого автомобіля на відстані 7,5 м, двигун якого працював із різною частотою обертання колінчастого вала (1000...6000) об./хв. Метою таких досліджень було встановлення впливу частоти обертання колінчастого вала на рівень шуму автомобіля.

Проводили також вимірювання шуму автомобіля під час його стоянки з працюючим двигуном за частоти обертання колінчастого вала двигуна 4500 об./хв і різних відстаней від

автомобіля (1–10) м з метою встановлення впливу відстані від автомобіля на рівень його шуму.

Результати вимірювання зовнішнього шуму автомобіля Renault Symbol під час стоянки на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля на різних швидкісних режимах роботи двигуна подано на рис. 2.

Дані рис. 2 свідчать, що зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна під час стоянки автомобіля рівень шуму на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля збільшується. Основними джерелами шуму в цьому разі виступають двигун і система випуску відпрацьованих газів. Ця залежність може бути описана емпіричним виразом

$$L = 0,0053n + 45,526, \quad (2)$$

де L – рівень зовнішнього шуму, дБ(А); n – частота обертання колінчастого вала, об./хв.

Для виокремлення складової системи випуску відпрацьованих газів проводили випробування автомобіля Renault Symbol під час його стоянки, мікрофон при цьому був спрямований у напрямі до вихідного отвору вихлопної труби і розташовувався на відстані 0,5 м від неї, вісь мікрофона паралельна дорозі і з вертикальною площиною, що проходить через вісь труби, становила кут 45° . Результати вимірювань подано на рис. 3.

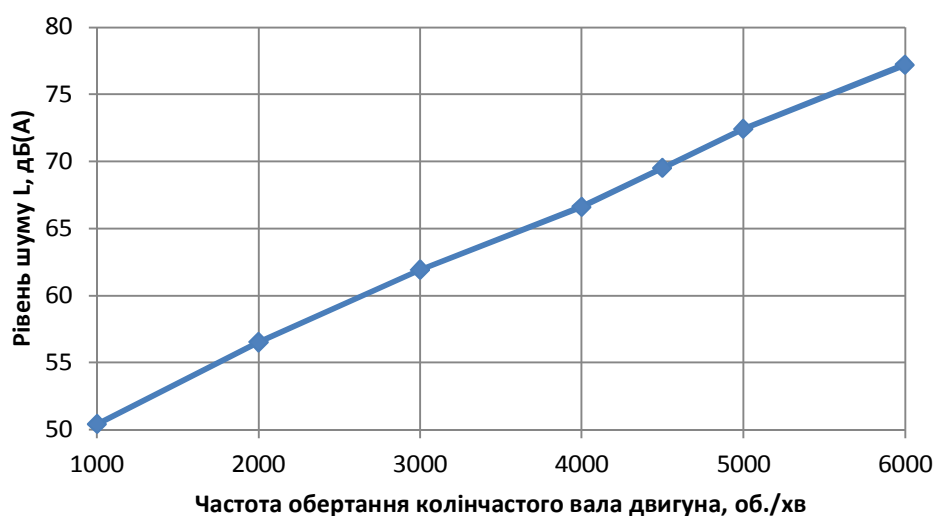


Рис. 2. Рівень шуму автомобіля Renault Symbol на різних швидкісних режимах роботи двигуна під час стоянки

Fig. 2. Renault Symbol sound level at different engine speeds during parking

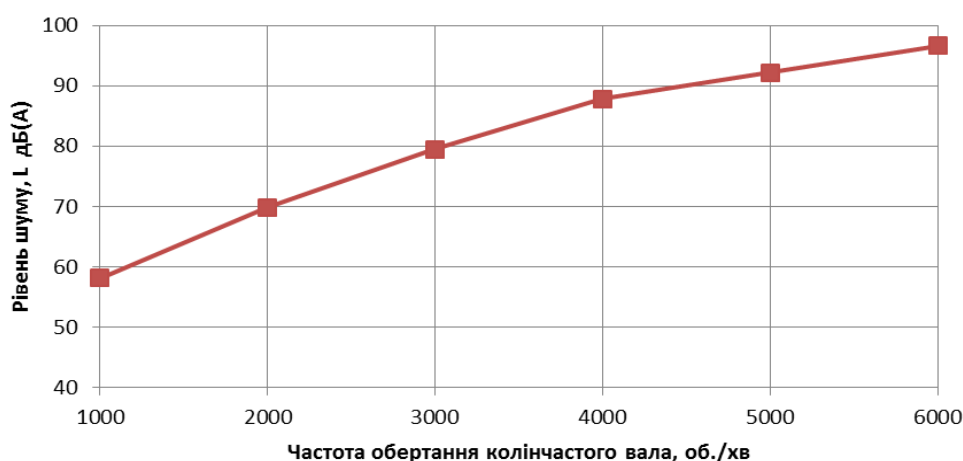


Рис. 3. Рівні шуму системи випуску відпрацьованих газів автомобіля Renault Symbol під час стоянки на різних швидкісних режимах двигуна

Fig. 3. Renault Symbol engine exhaust emissions while parked at different engine speeds

Отримані результати підтверджують висновки, зроблені під час дослідження загального рівня шуму залежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна. Отримана крива може бути описана залежністю

$$L = -10^{-6}n^2 + 0,0149n + 44,25. \quad (3)$$

Результати вимірювання зовнішнього шуму автомобіля Renault Symbol залежно від відстані до автомобіля ($n = 4500$ об./хв) під час стоянки з глушником відпрацьованих газів і без нього подано на рис. 4.

З віддаленням від автомобіля на відстані 1–10 м в автомобіля з глушником рівень шуму зменшується на 12,3 дБ(А), з 80,3 до 68,0 дБ(А). В автомобіля без глушника ця різниця становить 14,5 дБ(А), а рівень шуму зменшується з 98,8 до 84,3 дБ(А). Відповідні залежності можуть бути описані за допомогою емпіричних виразів:

$$L_{\text{ст}} = 0,108 \cdot l^2 - 2,436 \cdot l + 82,122; \quad (4)$$

$$L_{\text{б.ст}} = 0,1197 \cdot l^2 - 2,8797 \cdot l + 101,24, \quad (5)$$

де l – відстань до поздовжньої осі автомобіля, м.

Простір, в якому розповсюджуються хвилі, називають полем. Шумове поле автомобіля – це розподіл інтенсивності шуму навколо нього під час стоянки і роботи двигуна в певному режимі. Шумове поле автомобіля (рис. 5) визначається на основі результатів замірів рівня шуму у 12 точках

навколо автомобіля на відстані 1 м від його зовнішньої поверхні, при цьому двигун працює без навантаження за частоти обертання колінчастого вала 4500 об./хв та обертів холостого ходу 750 об./хв. Характер шумового поля свідчить, що на розподіл рівня шуму навколо автомобіля Renault Symbol найбільший вплив має двигун. Рівень шуму в точках 12, 1, 2 на 7–11 дБ(А) вищий, ніж у точках 6, 7, 8. Шум від випуску відпрацьованих газів на шумове поле має менший вплив, ніж шум власне двигуна. За частоти обертання колінчастого вала 750 об./хв різниця в рівні шуму навколо автомобіля проявляється меншою мірою.

Також проводили дослідження шумового поля для інших моделей фірми Renault, з різним об'ємом двигуна: Dacia Logan 1,6 – модель з двигуном K7M710 з робочим об'ємом 1600 см³ і коробкою передач JH3, Renault Laguna з двигуном F4P770 з робочим об'ємом 1800 см³ та коробкою передач JR5 5/1 (рис. 6). Отримані дані підтверджують припущення, що зі збільшенням робочого об'єму двигуна зростає рівень шуму автомобіля у всіх точках шумового поля. Основними складовими такого шуму є шум двигуна та шум випуску відпрацьованих газів. Характер розподілу шумового поля навколо досліджуваних автомобілів зберігає свої особливості, притаманні автомобілям моделі Renault Symbol.

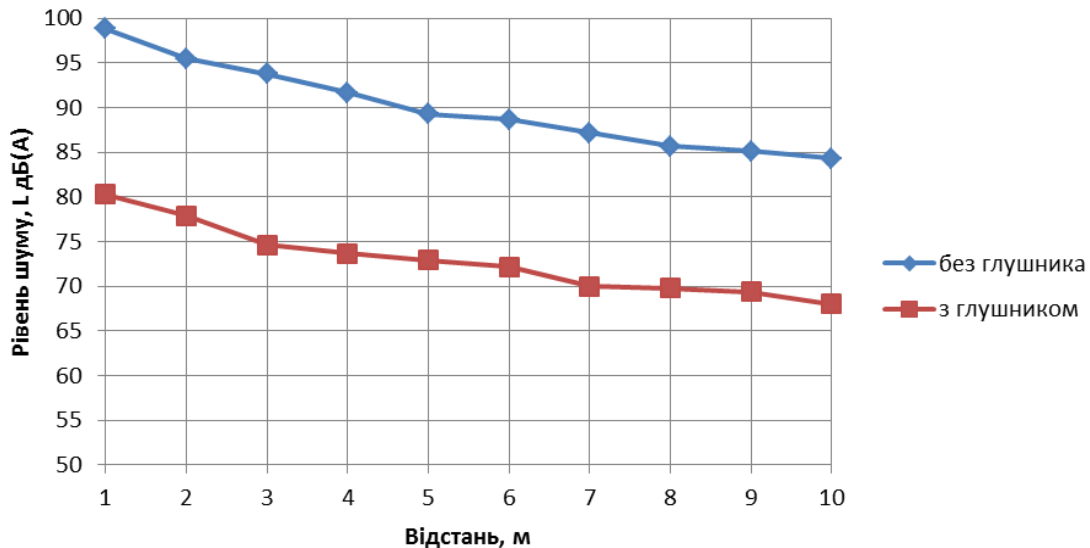


Рис. 4. Рівні шуму автомобіля Renault Symbol під час стоянки на різних відстанях до автомобіля з глушником відпрацьованих газів і без нього

Fig. 4. Renault Symbol sound levels when parked at different distances to and from the car with and without the exhaust silencer

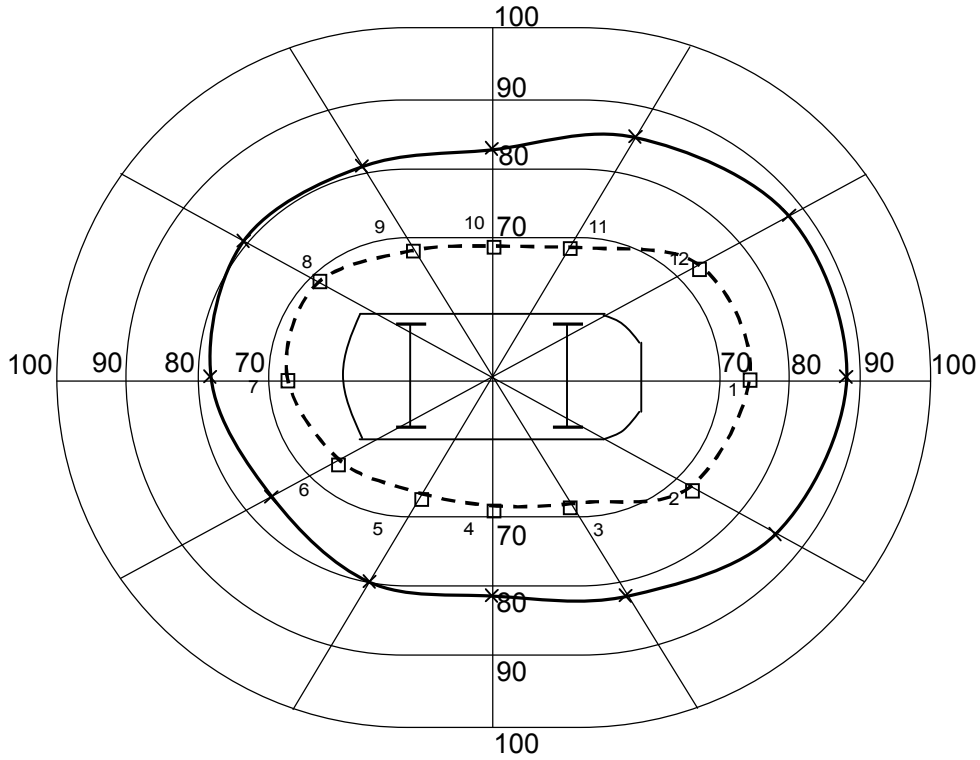


Рис. 5. Шумове поле автомобіля Renault Symbol:

— $n = 4500$ об./хв; - - - - - $n = 750$ об./хв

Fig. 5. Renault Symbol car noise field:

— $n = 4500$ rpm.; - - - - - $n = 750$ rpm.

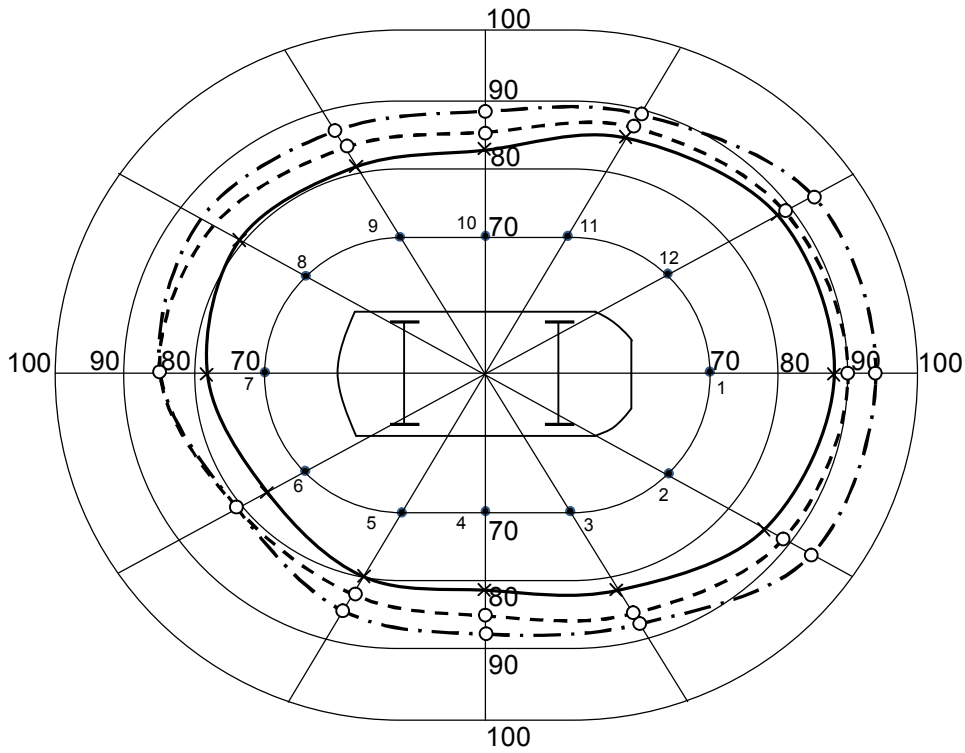


Рис. 6. Шумове поле моделей автомобілів Renault з робочим об'ємом:

— Renault Symbol 1400 cm^3 ; - - - Dacia Logan 1600 cm^3 ; - · - · - Renault Laguna 1800 cm^3

Fig. 6. Noise field of Renault car models with working volume:

— Renault Symbol 1400 cm^3 ; - - - Dacia Logan 1600 cm^3 ; - · - · - Renault Laguna 1800 cm^3

Проаналізувавши шумові поля і рівні шуму, одержані під час руху автомобіля, можна стверджувати, що випромінювання шуму автомобіля як ліворуч, так і праворуч від осі руху практично однакові. Зрозуміло, що за правостороннього руху пішоходи і житлові споруди розташовуються з правої сторони автомобіля. Ця обставина, враховуючи, що шумове поле має симетричний характер, збільшує звукове навантаження на них. Подібна закономірність властива і випромінюванню шуму вперед–назад. Тому важливим є розв'язання питання про раціональне шумове поле автомобіля, яке б враховувало не тільки допустимий рівень шуму, а й організацію дорожнього руху та інформативність про наближення автомобіля до перехресть. Сформувати таке поле можна завдяки перерозподілу випромінюваної звукової енергії акустичними екранами, не вдаючись до глушіння шуму, що є надто дорогим. Запропоноване раціональне шумове поле вимагає розподілу рівня шуму навколо автомобіля, сформованого виходячи з трьох передумов: дотримання допустимого рівня шуму на відстані 7,5 м від поздовжньої осі руху автомобіля; підвищена спрямованість звуку в напрямі руху, як додаткова інформація про наближення автомобіля, що забезпечує пішоходів і водіїв; різний показник спрямованості з лівої чи з правої сторони автомобіля залежно від організації дорожнього руху (лівосторонній чи правосторонній рух).

У разі перерозподілу звукової енергії автомобіля Renault Symbol справа наліво і в напрямі руху (назад і вперед) отримаємо рівень шуму під час руху на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля з лівого боку 73 дБ(А) (точка 10), з правого боку – 69 дБ(А) (точка 4), попереду – 97,2 дБ(А) (точка 1), а позаду – 97,2 дБ(А) (точка 7). Таким чином, раціональне шумове поле побудоване емпіричним способом.

Висновки

1. Проведені випробування відповідно до стандартної методики показали, що рівень зовнішнього шуму досліджуваного автомобіля Renault Symbol становить 76,2 дБ(А), що перевищує норми (74 дБ(А)) за СЕК ООН R51*02 (1995 р.), проте відповідає вітчизняним вимогам для автомобілів, що перебувають в експлуатації (87 дБ(А)) за ДСТУ 3649:2010 «Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю».

2. Проведена серія експериментів показала, що зі збільшенням робочого об'єму двигуна і

частоти обертання його колінчастого вала також спостерігається тенденція до зростання й рівня шуму автомобіля, оскільки двигун є основним його джерелом.

3. Отримано на основі методу найменших квадратів узагальнені рівняння рівня звуку L автомобіля на відстані 7,5 м від його поздовжньої осі та рівня звуку від системи випуску відпрацьованих газів залежно від частоти обертання колінчастого вала, а також рівня зовнішнього шуму залежно від віддаленості від автомобіля за умови роботи з глушником та без глушника шуму. Зокрема, встановлено, що збільшення частоти обертання колінчастого вала супроводжується зростанням рівня шуму двигуна, у тому числі зростанням загального рівня шуму автомобіля (5 дБ(А) на кожні 1000 об./хв). Шум, створюваний системою випуску відпрацьованих газів, достатньо високий, проте застосування сучасних глушників шуму дозволяє зменшити його практично до будь-якого необхідного значення. Серійний глушник шуму автомобіля Renault Symbol дозволяє зменшити загальний рівень шуму випуску на 16–19 дБ(А).

4. Встановлено шумове поле автомобіля Renault Symbol і запропоновано раціональне шумове поле, для формування якого необхідно:

- дотриматись допустимого рівня шуму на відстані 7,5 м від поздовжньої осі автомобіля;
- забезпечити підвищену спрямованість шуму вздовж напрямку руху, як чинник додаткового інформування пішоходів і водіїв про наближення автомобіля для забезпечення їхньої безпеки;
- забезпечити різну спрямованість шуму з правої чи лівої сторони автомобіля залежно від організації дорожнього руху (правосторонній чи лівосторонній).

Таким чином, понизити загальний рівень шуму автомобіля без зниження рівня його джерела можна завдяки перерозподілу енергії шуму справа наліво і в напрямі руху (назад і вперед).

Бібліографічний список

1. Балабин И. В., Куров Б. А., Лаптев С. А. Испытания автомобилей. Москва: Машиностроение, 1988. 192 с.
2. Васильева В. В. Автотранспортный шум в городах и его влияние на окружающую среду. *Мир транспорта и технологических машин*. 2010. № 3(30). С. 101–107.
3. ГОСТ 27436–87. Внешний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений. Москва: Стандартиздат, 1987. 13 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. Карпенко В. А. Вопросы шума при взаимодействии шины с дорогой. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2015. № 71. С. 109–111.
6. Качмар Р. Я. Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова. *Автомобільний транспорт: дослідження*. 2013. № 1(231). С. 10–13.
7. Кисуленко Б. В. Краткий автомобильный справочник. Т. 3: Легковые автомобили. Москва: НПСТ «Трансэконсалтинг», 2004. Ч. 2. 560 с.
8. Куновский Э. Б. Идентификация источников шума автомобиля. Минск: Технопринт, 2005. 324 с.
9. Кушвид Р. П. Испытания автомобиля: учебник. Москва: МГИУ, 2011. 351 с.
10. Луканин В. Н., Гудцов В. Н., Бочаров Н. В. Снижение шума автомобиля. Москва: Машиностроение, 1981. 158 с.
11. 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.
12. Миронюк О. С. Дослідження шумових характеристик плодознімального засобу. *Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2005. № 9. С. 154–158.
13. Петренко О. К. Вплив шуму автомобільного транспорту на організм людини. *Україна у європейському просторі. Проблеми бізнесу, політики, права: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф.* Львів, 2010. С. 46–48.
14. Петренко О. К. Контроль за станом шуму на центральних вулицях Львова. *Якість технологій та освіти*. Харків, 2011. С. 45–51.
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. Факторович А. А., Постников Г. И. Защита городов от транспортного шума. Киев: Будівельник, 1982. 144 с.
18. Шатров М. Г., Яковенко А. Л., Кричевская Т. Ю. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие. Москва: МАДИ, 2014. 68 с.
19. Эллисон А. Измерение шума машин. Москва: Энергоатомиздат, 1998. 374 с.
20. Leasure W., Bender E. Tire-road interaction noise. *J. Of Acoustical Society of America*: July. 1975. Vol. 58, No. 1. P. 39–50.
21. 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.

Стаття надійшла 01.07.2020