

ЗНИЖЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ШУМУ БРОНЕАВТОМОБІЛЯ «КОЗАК-2М1» РІДИННИМ ГЛУШНИКОМ ШУМУ

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

Донець В.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, v.donets@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2353-0699

EXTERNAL NOISE REDUCTION OF THE ARMORED VEHICLE «KOZAK – 2M1» USING LIQUID MUFFLER

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

Donets V.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, v.donets@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2353-0699

Постановка проблеми. Протягом історії збройних конфліктів військова техніка розвивалася від найпримітивніших транспортних засобів стародавніх цивілізацій до сучасних транспортних засобів. На даний час всі розвинуті країни у своїх арміях мають військові автомобілі для виконання різноманітних функцій: тактичних, командно-штабних, розвідувальних, транспортних тощо. До військових автомобілів висуваються високі вимоги щодо маскувальних властивостей. Одним з демаскуючих факторів для військової техніки є зовнішній шум. Додатково цей вид шуму є шкідливим для здоров'я екіпажу та десантників (якщо такі є). Тому задача зниження зовнішнього шуму військових автомобілів є актуальною, особливо в умовах воєнного стану. Основним джерелом шуму в автомобілі є відпрацьовані гази двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). З шумом випуску ДВЗ борються за допомогою відповідних глушників. Зменшення цього виду шуму можна досягти вдосконаленням існуючого глушника шуму або створенням нового високоефективного глушника.

Аналіз наявних публікацій.

Практично в усіх існуючих глушниках шуму відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання [1] звукові хвилі рухаються виключно у газовому середовищі (у середовищі відпрацьованих газів). Рух звукових хвиль у газовому середовищі відбувається і у глушниках, запропонованих для зменшення рівня зовнішнього шуму САУ «Богдана» на базі шасі КраЗ-63221 та бронеавтомобіля КраЗ-6322РА «Бастіон». Для САУ «Богдана» було розроблено реактивний глушник шуму з двох камер, що з'єднані внутрішньою трубкою [2], з можливістю переміщення внутрішньої перегородки з трубкою всередині глушника для забезпечення зміни його частотної характеристики. Для бронеавтомобіля КраЗ-6322РА «Бастіон» було вдосконалено існуючий глушник шуму за рахунок використання ефекту газового екрану [3].

Для вирішення задачі зменшення зовнішнього шуму пропонується принципово новий глушник шуму. Його новизна [4] полягає у використанні рідинного середовища з метою придушення шумової енергії відпрацьованих газів та їх нейтралізації.

Мета дослідження. Зменшення рівня зовнішнього шуму військового автомобіля застосуванням принципово нового виду глушника шуму відпрацьованих газів ДВЗ.

Виклад основного матеріалу дослідження.

1. Об'єкт дослідження – бронеавтомобіль «Козак-2М1»

Броньовану бойову колісну машину (ББКМ) «Козак-2М1» розроблено підприємством ПрАТ «НВО «Практика»» для потреб Десантно-штурмових військ та Сил спеціальних операцій ЗСУ відповідно до наданих ними оперативного-тактичних вимог (рис. 1) [5].

ББКМ «Козак-2М1» призначена для перевезення особового складу підрозділів (загальновійськових, десантно-штурмових, сил спеціальних операцій), його вогневої підтримки при спішуванні, а також для перевезення зброї та військових вантажів цілодобово в зонах помірного

клімату незалежно від пори року при експлуатації на дорогах з різним покриттям та в умовах бездоріжжя.



Рисунок 1 – Бронеавтомобіль «Козак-2М1»
Figure 1 – Armored vehicle «Kozak-2M1»

ББКМ «Козак-2М1» суттєво відрізняється від більшості бронемашин, від 2014 року розроблених в Україні. Вона має суцільнонесучий корпус вітчизняної конструкції та незалежну підвіску всіх коліс, тоді інші згадані бронемашини мають рамну конструкцію і для них адаптовано цивільні платформи іноземних виробників. На відміну від ББКМ «Козак-2М1» ці бронемашини класифікуються Міністерством оборони України як «спеціалізований броньований автомобіль».

Коротка технічна характеристика бронеавтомобіля «Козак-2М1» наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Тактико-технічні характеристики бронеавтомобіля «Козак-2М1» [6]
Table 1 – Tactical and technical characteristics of the armored vehicle «Kozak-2M1» [6]

Повна маса, т	15,0
Споряджена маса, т	13,5
Рівень шуму, дБА	80
Колісна формула	4×4
Силова установка	дизель, 6-циліндровий
Потужність, кВт (к.с.)	205 (279)
Робочий об'єм, л	5,9
Крутний момент, Н×м	950
Коробка передач	механічна, 6-ступінчаста, марки ZF
Екіпаж + десант, чол.	2 + 6
Максимальна швидкість по шосе, км/год	110
Запас ходу (по шосе), км	1000
Дорожній просвіт, мм	400
Глибина броду, що долається, м	1,2
Захист балістичний	рівень 2 за STANAG4569
Захист протимінний	рівень 2a та 2b за STANAG4569
Озброєння	12,7-мм кулемет типу КТ-12,7 (НСВТ), автоматичний гранатомет АГС-17

Суцільнонесучий корпус та незалежна підвіска всіх коліс забезпечили ББКМ «Козак-2М1» загальновідомі переваги порівняно з автомобілями рамної конструкції із залежною підвіскою коліс: меншу габаритну висоту, кращу прохідність, вищу плавність ходу по бездоріжжю з високою швидкістю.

2. Рідинний глушник шуму відпрацьованих газів ДВЗ

Рідинний глушник (рис. 2) складається з впускного 1 та випускного 2 патрубків, внутрішнього 3 та зовнішнього 4 корпусів глушника. Зовнішня частина внутрішнього корпусу має вібропоглинальне покриття 5, а внутрішня частина зовнішнього корпусу – звукопоглинальне покриття 6 (наприклад, зі скла). Внутрішній корпус 3 заповнений рідиною 7, яка приводиться в обертальний рух за допомогою лопатей 8 через привод 9 електродвигуном 10. Над рідиною розміщується перегородка 11 із звукопоглинальним покриттям 12. До стінок внутрішнього корпусу прикріплені хімічні елементи 13. Внутрішній та зовнішній корпуси механічно зв'язані між собою за допомогою віброізолюючих вставок 14.

Для надійного закриття ємкості до корпусів 3 і 4 (рис. 3) приварені кільця 15 і 16 відповідно, до яких кріпляться верхні кришки 17 і 18 із звукопоглинальним покриттям 19 і 20. Днища 21 і 22 також мають покриття 23 і 24. Кришки 17 і 18 кріпляться до кілець 15 і 16 корпусів 3 і 4 болтами (поз. 25) з круглими та пружними шайбами – поз. 26 і 27.

Запропонований рідинний глушник працює таким чином.

Відпрацьовані гази (показані жирними стрілками) по впускному патрубку 1 рухаються від двигуна внутрішнього згорання та попадають у рідину 7, яка знаходиться у внутрішньому корпусі 3 глушника. Двигун 10 через привод 9 обертає лопаті 8, що призводить до обертання рідини 7 у внутрішньому корпусі 3. Відпрацьовані гази, попадаючи в рідину 7, мають велику акустичну енергію. Рідина поглинає цю енергію. Далі відпрацьовані гази рухаються зі значно меншою акустичною енергією (на рис. 1 показані тонкими стрілками). Коли двигун автомобіля не працює, не працює й електродвигун 10, а отже, не обертається рідина у внутрішньому корпусі глушника.

Хімічні патрони 13 в глушнику частково або повністю нейтралізують шкідливі речовини, що містяться у відпрацьованих газах, наприклад, оксид вуглецю CO (чадний газ) доокислюється і перетворюється на діоксид вуглецю CO₂ (вуглекислий газ).

Для збільшення акустичної ефективності глушника вжито такі додаткові заходи:

- застосовано подвійний корпус;
- між внутрішнім 3 та зовнішнім 4 корпусами існує звуко- та вібророзв'язка у вигляді повітряного проміжку;
- зовнішня сторона внутрішнього корпусу 3 покрита вібропоглинальним матеріалом;
- внутрішня поверхня зовнішнього корпусу 4 покрита звукопоглинальним матеріалом;
- встановлена перегородка 11, яка за допомогою звукопоглинального покриття 12 гасить звукові хвилі, що вириваються з рідини.

Загалом у рідині відбуваються три процеси: фізичний, хімічний та акустичний.

1. Фізичний процес: подрібнення відпрацьованих газів на невеликі складові (бульбашки) та часткове розчинення.

2. Хімічний процес: відпрацьовані гази вступають у хімічну взаємодію з рідиною, в результаті чого очищуються від шкідливих складових. Залежно від складу рідини таке очищення може бути більш чи менш повним.

3. Акустичний процес: акустичні хвилі, які рухались у відпрацьованих газах, поглинаються рідиною.

За основу рідини може бути прийнята вода. Після того як рідина стає насиченою шкідливими речовинами, необхідно замінити її та (за необхідності) хімічні патрони.

3. Розрахунок рідинного глушника шуму для бронеавтомобіля «Козак-2М1»

Для розрахунку рідинного глушника шуму перш за все необхідно визначити швидкість витікання відпрацьованих газів з двигуна автомобіля.

Швидкість заповнення глушника відпрацьованими газами ДВЗ (об'єм відпрацьованих газів, л/с, який входить у глушник за 1 с під час роботи ДВЗ), $v_{зан}$:

$$v_{зан} = \frac{V_{де} \cdot n \cdot k}{120},$$

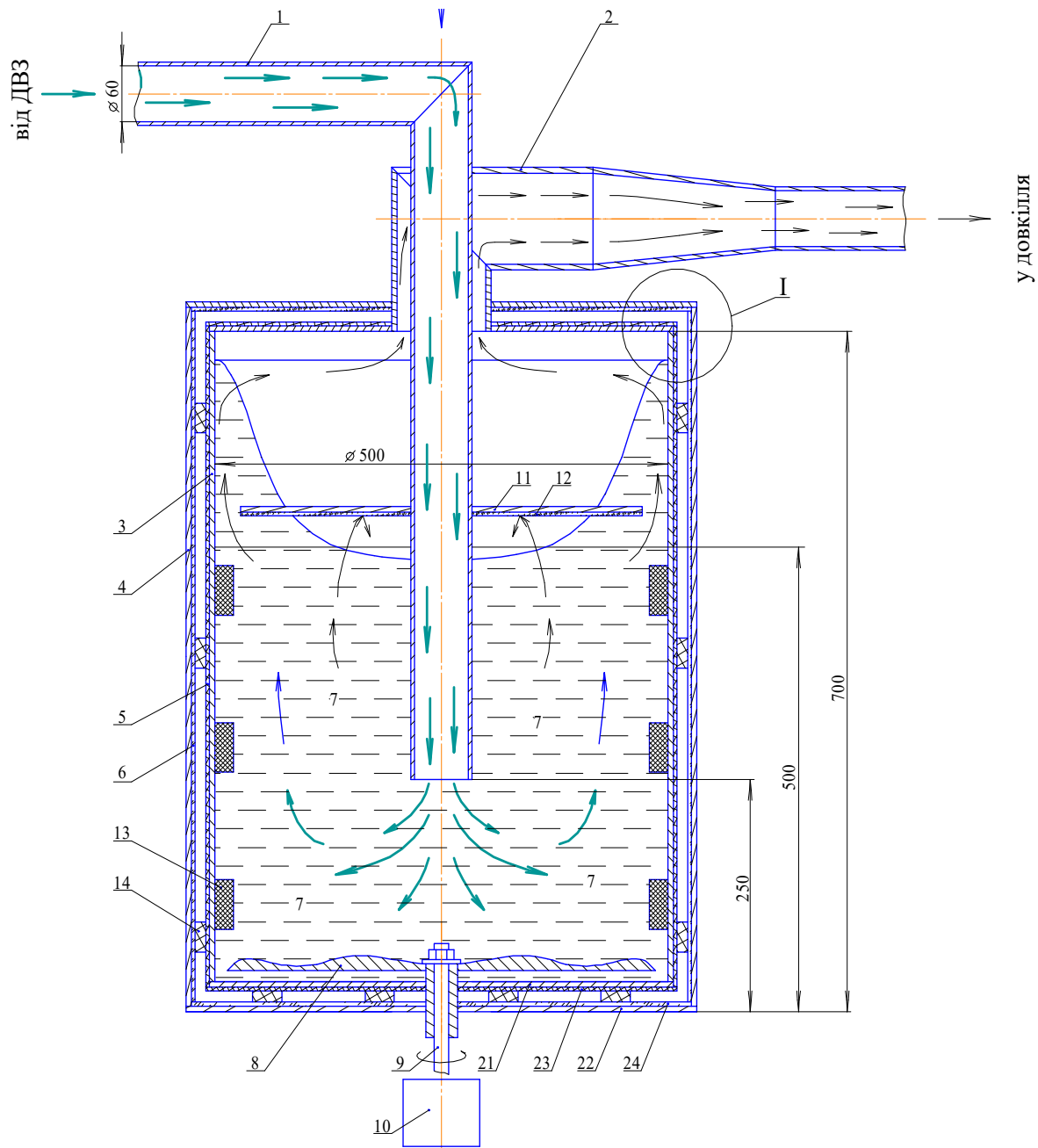


Рисунок 2 – Ескіз рідинного глушника шуму відпрацьованих газів ДВЗ (головний вид):

1, 2 – впускний та выпускний патрубки відповідно; 3, 4 – внутрішній та зовнішній корпуси відповідно; 5 – вібропоглинальне покриття; 6, 12 – звукопоглинальні покриття; 7 – рідина; 8 – лопаті; 9 – привод електродвигуна; 10 – електродвигун; 11 – перегородка; 13 – хімічні патрони; 14 – віброізолюючі вставки; 21, 22 – днища внутрішнього і зовнішнього корпусів відповідно; 23, 24 – покриття внутрішнього і зовнішнього корпусів відповідно

Figure 2 – Liquid muffler of exhaust gas noise ICE:

1, 2 – inlet and outlet nozzles, respectively; 3, 4 – internal and external housings, respectively; 5 – vibration-absorbing coating; 6, 12 – sound-absorbing coatings; 7 – liquid; 8 – blades; 9 – electric motor drive; 10 – electric motor; 11 – partition; 13 – chemical cartridges; 14 – vibration-isolating inserts; 21, 22 – bottoms of the inner and outer casings, respectively; 23, 24 – coating of the inner and outer casings, respectively

де $V_{\text{дв}}$ – робочий об'єм двигуна автомобіля; у нашому випадку $V_{\text{дв}} = 5,9 \text{ л}$ (див. табл. 1); n – частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} ; k – коефіцієнт, що характеризує зміну об'єму відпрацьованих газів після виходу їх з ДВЗ та входу в глушник (прийемо $k = 1$).

Тоді

$$v_{зан} = \frac{5,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2100 \cdot 1}{120} = 103 \text{ л/сек.}$$

Приймемо об'єм рідини у глушнику 100 л, тобто таким, що приблизно дорівнює об'єму відпрацьованих газів, що входять у глушник за 1 с. Тоді глушник матиме такі основні розміри (рис. 2): діаметр вхідного патрубку – 60 мм, діаметр внутрішнього корпусу – 0,5 м, висота до перегородки – 0,5 м.

Висновки.

Для зменшення зовнішнього шуму та поліпшення маскувальних властивостей броневих автомобіля «Козак-2М1» розроблено рідинний глушник шуму відпрацьованих газів ДВЗ. Показано, що в останньому відбуваються три процеси: фізичний (подрібнення відпрацьованих газів на невеликі складові (бульбашки) та часткове розчинення), хімічний процес (нейтралізація відпрацьованих газів) та акустичний (поглинання акустичних хвиль). Проведено розрахунок геометричних розмірів розробленого глушника шуму. Наведено конструкцію розробленого для броневих автомобіля «Козак-2М1» рідинного глушника шуму.

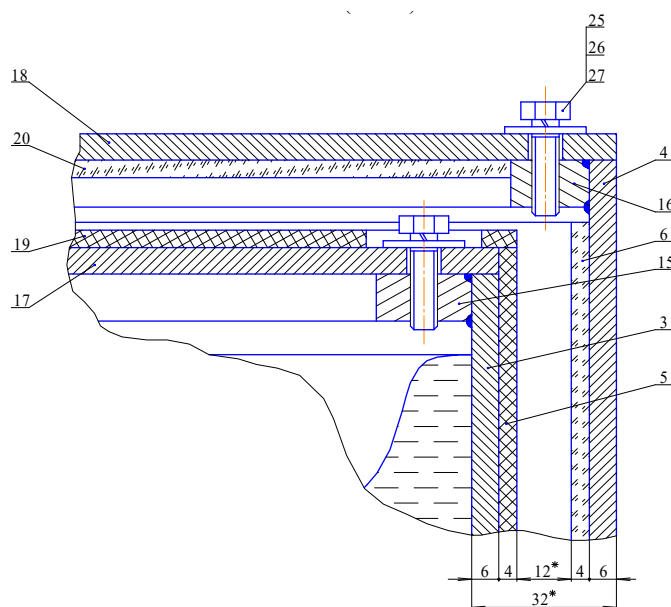


Рисунок 3 – Виноска I на рис. 2: позиції 3–6 ті ж, що на рис. 2; 15, 16 – приварені кільця; 17, 18 – верхні кришки внутрішнього і зовнішнього корпусів відповідно; 19, 20 – звукопоглинальне покриття; 25 – кріпильні кутники; 26, 27 – круглі та пружні шайби

Figure 3 – Footnote I in fig. 2: positions 3–6 are the same as in fig. 2; 15, 16 – welded rings; 17, 18 – upper covers of the inner and outer housings, respectively; 19, 20 – sound-absorbing coating; 25 – mounting brackets; 26, 27 – round and elastic pucks

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Федоров В.В. Акустика автомобіля. – К. : Вид-во «Принт», 2008. – 285 с.
2. Зниження зовнішнього шуму САУ «Богдана» на базі шасі КрАЗ-63221 вдосконалим двокамерним реактивним глушником шуму / В.В. Федоров, Г.А. Філіпова, В.В. Яновський, О.В. Терновий // Автошляховик України. – 2021. – № 2. – С. 29–35.
3. Федоров В.В. Вдосконалення глушника шуму броневих автомобіля КрАЗ «Бастіон» застосуванням газового екрану / В.В. Федоров, В.В. Яновський, Є.В. Мазур // Автошляховик України. – 2019. – № 2. – С. 11–16.
4. Федоров В.В., Філіпова Г.А., Яновський В.В. Рідинний глушник шуму. Патент на винахід № 151373, бюлетень «Промислова власність» № 28, 13.07.2022 р.
5. Козак-2М1 [Електронний ресурс] / Текст. дані. – Режим доступу: <https://armyinform.com.ua/2021/02/23/kozak-2m1-stvorenyj-dlya-potreb-desantno-shturmovyh-vijsk-ta-syl-speczialnyh-operacij-u-2021-mu-zaminyt-broneavtomobil-kozak-2/>.

6. Козак-2М1 [Електронний ресурс] / Текст. дані. – Режим доступу: https://defence-ua.com/news/zsu_otrimali_veliku_partiju_novitnih_bbkm_kozak_2m1-5540.html.

REFERENCES

1. Fedorov V.V. (2008). Akustyka avtomobilya [Car acoustics]. Kyiv. : Print, 285. [in Ukraine].
2. Fedorov, V.V., Filipova, G.A., Yanovsky, V.V., Ternovyi, O.V. (2021) Znyzhennya zovnishn'oho shumu SAU «Bohdana» na bazi shasi KrAZ-63221 vdoskonalenym dvokamernym reaktyvnym hlushnykom shumu [Reduction of external noise vehicle of spai «Bohdana» on the basis of the KrAZ-63221 improved two-chamber reactive noise silencer]. Kyiv, Avtoshlyahovik Ukraine, 2 (266), 29 - 35.
3. Fedorov, V.V., Yanovsky, V.V., Mazur E.V. (2019) Vdoskonalennya hlushnyka shumu broneavtomobilya KrAZ «Bastion» zastosuvannyam hazovoho ekranu [Improvement of noise silencer armored vehicle KrAZ «Bastion» application of the gas screen]. Kyiv, Avtoshlyahovik Ukraine, 2 (258), 11–16.
4. Fedorov, V.V., Filipova, G.A., Yanovsky, V.V. (2022). Ridynny hlushnyk shumu. [Liquid silencer]. Patent No. 151373, bulletin "Industrial Property" No. 28.
5. «Kozak-2M1» Retrieved from <https://armyinform.com.ua/2021/02/23/kozak-2m1-stvorenyj-dlya-potreb-desantno-shturmovyh-vijsk-ta-syl-speczialnyh-operacij-u-2021-mu-zaminyt-broneavtomobil-kozak-2/>.
6. «Kozak-2M1» Retrieved from https://defence-ua.com/news/zsu_otrimali_veliku_partiju_novitnih_bbkm_kozak_2m1-5540.html.

РЕФЕРАТ

Федоров В.В. Зниження зовнішнього шуму броневих автомобілів «Козак-2м1» рідинним глушником шуму / В.В. Федоров, Г.А. Філіпова, В.В. Донець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2023. – Вип. 1 (55).

У статті запропоновано використання для зменшення рівня зовнішнього шуму військового автомобіля розробленого глушника шуму відпрацьованих газів двигуна.

Об'єкт дослідження – тактичний броневих автомобіль «Козак-2М1», який створений для потреб Десантно-штурмових військ та Сил спеціальних операцій ЗСУ, призначений для виконання широкого кола бойових завдань.

Мета дослідження – зменшення рівня зовнішнього шуму військового автомобіля застосуванням принципово нового виду глушника шуму відпрацьованих газів ДВЗ.

Метод дослідження – розрахунковий.

Одним із видів маскуванню військових автомобілів є зниження їх рівня зовнішнього шуму, який є суттєвим демаскуючим фактором. У даній роботі розглядається застосування розробленого глушника шуму відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згорання, принциповою новизною якого є пропускання відпрацьованих газів через рідину, що знаходиться всередині глушника, в якій відбуваються три процеси: фізичний (подрібнення відпрацьованих газів на невеликі складові (бульбашки) та часткове розчинення), хімічний (відпрацьовані гази вступають у хімічну взаємодію з рідиною, в результаті чого очищуються від шкідливих складових) та акустичний (акустичні хвилі, які рухались у відпрацьованих газах, поглинаються рідиною). Для реалізації хімічних реакцій відпрацьованих газів з рідиною запропоновано використання у глушнику хімічних патронів. За основу рідини може бути прийнята вода. Після того як рідина стає насиченою шкідливими речовинами, необхідно замінити її та (за необхідності) хімічні патрони. З метою підвищення ефективності розробленого глушника шуму запропоновано в останньому використання електродвигуна та звуко- і вібропоглинальних матеріалів. Проведено розрахунок геометричних розмірів розробленого рідинного глушника шуму виходячи з робочого об'єму двигуна та максимальної частоти обертання колінчастого валу, а також наведено ескіз глушника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІЙСЬКОВІ АВТОМОБІЛІ, БРОНЕАВТОМОБІЛЬ, МАСКУВАННЯ, «КОЗАК-2М1», ЗОВНІШНІЙ ШУМ, ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, РІДИННИЙ ГЛУШНИК ШУМУ, ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ, ХІМІЧНИЙ ПАТРОН, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ, ФІЗИЧНИЙ ПРОЦЕС, ХІМІЧНИЙ ПРОЦЕС, АКУСТИЧНИЙ ПРОЦЕС.

ABSTRACT

Fedorov V.V., Filipova G.A., Donets V.V. External noise reduction of the armored vehicle «Kozak – 2m1» using liquid muffler. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2023. – Issue 1 (55).

In the present paper the use of a newly developed exhaust gasses muffler for external noise reduction of a military vehicle is proposed.

The object of the study is tactical armored vehicle «Kozak-2M1» that was created for the needs of the Airborne Assault Forces and the Special Operations Forces of the Armed Forces of Ukraine and can be used for designed to perform a wide range of combat tasks.

The purpose of the study is to reduce the external noise level of a military vehicle by using a fundamentally new type of internal combustion engine exhaust gases muffler.

The research method is computational.

One of the types of masking of the military vehicles is the reduction of their level of external noise, which is an essential unmasking factor. This work considers the application of a newly developed muffler for an internal combustion engine exhaust gases, the fundamental novelty of which is the passage of exhaust gases through a liquid inside the muffler, in which three processes take place: physical (shredding of exhaust gases into small components (bubbles) and partial dissolution), chemical (exhaust gases enter into a chemical interaction with the liquid, as a result of which they are cleaned of harmful components) and acoustic (acoustic waves that moved in the exhaust gases are absorbed by the liquid). To implement chemical reactions of exhaust gases with liquid, it is proposed to use chemical cartridges in the muffler. Water can be taken as the basis of the liquid. After the liquid becomes saturated with harmful substances, it is necessary to replace together (if necessary) with chemical cartridges. The use of an electric motor and sound and vibration-absorbing materials are proposed for further increase of the newly developed muffler efficiency. Geometric dimensions of the developed liquid muffler were calculated based on the working volume of the engine and the maximum rotation frequency of the crankshaft, a muffler sketch is also provided.

KEY WORDS: MILITARY VEHICLES, ARMORED VEHICLE, CAMOUFLAGE, «KOZAK-2M1», EXTERNAL NOISE, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, EXHAUST GASES, LIQUID MUFFLER, SOUND ABSORBING MATERIAL, CHEMICAL CARTRIDGE, NEUTRALIZATION, PHYSICAL PROCESS, CHEMICAL PROCESS, ACOUSTIC PROCESS.

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.

Донець Вероніка Василівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail: v.donets@ntu.edu.ua, тел.: +380442807066, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 347а, orcid.org/0000-0003-2353-0699.

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. Omelianovicha-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. Omelianovicha-Pavlenka, 1, of. 306, orcid.org/0000-0003-3427-7633.

Donets Veronika Vasylivna, National Transport University, Senior Lecturer of Department of Information Systems and Technologies, e-mail: v.donets@ntu.edu.ua, tel.: +380442807066, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovicha-Pavlenka, 1, of. 347a, orcid.org/0000-0003-2353-0699.

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.