

О. В. ПИЛИПЕНКО, М. А. КОНОВАЛОВ, В. І. КОВАЛЕНКО, Д. В. СЕМЕНЧУК**КОМПАКТНІ ГЛУШНИКИ
З ДИСКРЕТНИМИ ПЕРЕГОРОДКОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ
ДЛЯ ЛЕГКОЇ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

*Інститут технічної механіки Національної академії наук України
і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Лопеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: office.itm@nas.gov.ua*

У статті представлено результати створення приладів зниження рівня звуку пострілу (ПЗРЗП), характерною особливістю конструкції яких є наявність дискретних перегородкових елементів. Доцільність створення таких приладів підтверджена надійністю експлуатації і ефективністю зниження рівня звуку пострілу в реальних умовах їх використання у складі різних видів легкої стрілецької зброї.

Для конструювання сучасних приладів розроблено технічні вимоги до їх конструкції. У статті описано можливість використання дискретних елементів (конусів, півсфер, плоских перегородок тощо), як основного елемента розсікача порохових газів. В якості додаткових елементів, що формують потік порохових газів всередині глушника, використовуються елементи різної форми, наприклад, циліндричні, зокрема перфоровані, з метою забезпечення перетікання порохових газів між розширювальними камерами. Один з шляхів підвищення ефективності глушника – створення додаткової розширювальної камери, що охоплює зовнішню частину ствола і газодинамічно зв'язана з традиційним надульним глушником.

При виборі оптимальної конструкції компактних ПЗРЗП уточнено кількість розширювальних камер і їх розмір, конструкцію перетворювача енергії порохових газів, вид перегородок, наявність і величину перетікання газів між камерами біля внутрішньої поверхні корпусу глушника.

Оптимізація проводилася на підставі моделювання процесів всередині глушника за розробленою методикою розрахунку ефективності ПЗРЗП з різними внутрішніми елементами.

Порівняльні випробування створених зразків ПЗРЗП з іноземними глушниками підтвердили високу ефективність конструкцій.

Таким чином, в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України створено прилади зниження рівня звуку пострілу для легкої стрілецької зброї з дискретними перегородковими елементами, що не поступаються за своїми характеристиками кращим закордонним зразкам. Конструкції ряду зразків захищено патентами України.

Ключові слова: *прилад зниження рівня звуку пострілу, конуса, півсфери, розширювальні камери, методика розрахунку, ефективність зниження рівня звуку пострілу.*

This paper presents the results of the development of silencers, whose design features discrete baffle elements. The advisability of silencers of this type is confirmed by their operational reliability and shot sound suppression efficiency in their actual service as part of light small arms of different types.

To design advanced silencers, technical requirements for their design were developed. The paper describes the possibility of using discrete elements (cones, hemispheres, flat baffles, etc.) as the key component of a powder gas spreader. Differently shaped elements are used as additional elements that form a powder gas flow inside a silencer: for example, cylindrical elements, including perforated ones to provide a powder gas flow between the expansion chambers. One way to increase silencer efficiency is an additional expansion chamber that embraces the external part of the barrel and is gas-dynamically connected to a traditional muzzle silencer.

In deciding on an optimum design for compact silencers, the following was redetermined: the number of expansion chambers and the dimensions thereof, the powder gas energy converter design, the baffle type, the presence of a gas flow between the chambers near the inner surface of the silencer body, and, if so, the gas flow rate.

The silencer design was optimized based on simulating the processes inside the silencer using the authors' efficiency calculation procedure for silencers with different internal components.

Comparison tests of the silencers developed and foreign silencers confirmed a high efficiency of the former.

The silencers with discrete baffles for light small arms developed at the Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine compare well in performance with their best foreign counterparts. The designs of some of them are covered by Ukrainian patents.

Keywords: *silencer, cone, hemisphere, expansion chamber, computational procedure, shot sound suppression efficiency.*

В цій статті викладено результати робіт, проведених в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ) з розробки і впровадження в силових відомствах України перспективних високоефективних приладів зниження рівня звуку пострілу (ПЗРЗП) стрілецької зброї (глушників).

Вирішальне значення в досягненні успіху в озброєних конфліктах має застосування сучасної стрілецької зброї, оснащеної ефективними глушниками звуку пострілу, що зменшують звукову і оптичну помітність та ускладнюють визначення виду зброї, з якої зроблено постріл [1 – 8].

Поява акустичних систем визначення пострілу активізувала роботи зі

© О. В. Пилипенко, М. А. Коновалов, В. І. Коваленко, Д. В. Семенчук, 2021

Техн. механіка. – 2021. – № 4.

створення глушників звуку пострілу стрілецької зброї, використання яких в максимальній мірі сприяє зменшенню ефективності цих систем [7].

Дульні і наствольні глушники здатні знижувати гучність пострілу до такого рівня, що при стрільбі чутний лише брязкіт затвора. Застосування глушника не робить стрільбу безшумною, але в бою ускладнює виявлення джерела звуку, полегшує голосове управління; крім того, прилад працює як полум'ягасник.

Ефективність глушника залежить від конструктивних особливостей і калібру зброї, довжини ствола, конструкції і розмірів, а також застосованих боеприпасів.

Аналіз конструкцій і характеристик глушників звуку пострілу стрілецької зброї різних виробників показує, що в їх розвитку зберігаються принципи дискретності перегородкових елементів, в яких використовують прості і надійні технічні рішення.

Для співставлення характеристик глушників, що випускають закордонні фірми, і запропонованих конструкцій, авторами проаналізовано ряд джерел інформації і результати сумісних випробувань глушників звуку пострілу різними боеприпасами, які показали близькі результати з ефективності (25,0 – 36,0) дБА [9].

Оптимізовано уніфіковані конструкції глушників звуку пострілу для груп зброї найпоширеніших калібрів (5,45 мм, 5,56 мм, 7,62 мм і 9 мм).

При проведенні робіт по оптимізації конструкції глушників основним параметром вибрана ефективність зниження рівня звуку пострілу.

Способи дії на об'єкт, що оптимізується (чинники оптимізації) – змінена конфігурація конструктивних елементів в порожнині корпусу глушника, їх взаємне розташування і розміри, кількість, об'єм і форма розширювальних камер тощо.

Ефективність використання уніфікованих моделей ПЗРЗП підтверджена їх застосуванням у складі зброї:

- калібру 7,62 мм – автомат Калашникова АКМ, автомат Калашникова сотої серії, карабіни Blaser, Browning Bar, SAKO, Manlicher, ВУЛКАН-С і ін.;

- калібру 5,45 мм (5,56 мм) – автомат Калашникова АК-74М, АКСУ-74, гвинтівка М-16 і Sig Sauer, карабіни Blaser, М4А1, SAKO;

- калібру 9 мм – пістолет-кулемет MP5, карабін Inter Ordnance M215 і ін.

При розробці і виготовленні ПЗРЗП нових конструкцій одночасно відпрацьовувалася технологія їх виготовлення з урахуванням застосованого матеріалу.

Проведені випробування показали, що розроблені конструкції і технологія виготовлення ПЗРЗП з титанових сплавів не погіршують їх характеристики в порівнянні з раніше виготовленими глушниками з неіржавіючих сталей. При цьому маса глушника зменшилася майже в два рази [8].

ПСУЗВ для пістолетів-кулеметів. У цьому розділі статті представлено результати створення нових ПЗРЗП з конічними і сферичними перегородковими елементами для пістолетів-кулеметів.

Пістолети-кулемети – ця зброя стала проміжним видом між пістолетами і гвинтівками. Вони забезпечують високу щільність вогню на близьких відстанях. Пістолети-кулемети є автоматичною зброєю, в якій, зазвичай, використовуються пістолетні патрони і вогонь ведеться, як правило, чергами з бойовою скорострільністю до 1000 пострілів в хвилину. Пістолети-кулемети комплектуються ємкими магазинами (20 – 40 патронів) і простим прицільним пристосуванням, що забезпечує ведення вогню на дальність до 200 метрів. Найпоширенішим пістолетом-кулеметом є MP5, розроблений фірмою Heckler & Koch під патрон 9×19 мм «Парабелум» [10, 11].

Малопотужний патрон дозволив, так само, як в пістолетах, застосувати схему роботи автоматики на використанні енергії віддачі вільного затвора.

Звідси простота їх будови, порівняно невеликі розміри і маса, зручність в застосуванні при діях в траншеях, в лісі, всередині будівель тощо.

Вогонь з пістолетів-кулеметів може вестися прицільно з упором прикладу в плече, або направлено – з прикладом, притиснутим до боку.

Завдяки надійності і точності MP5 завоював чималу популярність і офіційно прийнятий на озброєння більш ніж в сорока країнах світу. В Україні MP5 знаходиться на озброєнні силових структур. Одна з модифікацій пістолета-кулемета MP5 – МКМ-091 – під патрон 9×21 мм випускається в Україні [12].

Приведено технічні характеристики створених приладів, що свідчать про їх компактність і надійність, високу ефективність зниження рівня звуку пострілу [13 – 21].

Окрім MP5 широко поширені пістолети-кулемети Steyr AUG «PARA», «Беретта» модель 12, «Стерлінг» L2A3, Сімейство «Узі».

Пістолети-кулемети «Хеклер і Кох» сімейства MP5. Пістолет-кулемет MP5 розроблено фірмою Heckler & Koch на базі гвинтівки G3. В 1962 р. пістолет-кулемет прийнято на озброєння поліції і прикордонної охорони ФРН, сьогодні його закуповують багато країн.

Завдяки надійності і точності MP5 завоював чималу популярність і офіційно прийнятий на озброєння більш ніж в сорока країнах світу. Особливою популярністю ця зброя користується в поліцейських підрозділах і спецназі. За останні півстоліття компанія Heckler & Koch розробила близько сотні модифікацій MP5, що відрізняються типом прикладу, довжиною ствола, наявністю вбудованого глушника, калібром (базовий калібр – 9,0 мм) і іншими елементами.

Ліцензійне виробництво MP5 налагоджено в десяти країнах, крім того, його неліцензійні копії випускають в Китаї, Судані і багатьох інших країнах.

Пістолет-кулемет знаходиться на озброєнні групи А Центру спеціальних операцій Служби безпеки України, Національної гвардії України і охорони.

Характеристики базових моделей MP5 приведено в табл. 1, а зовнішній вигляд деяких моделей показано на рис. 1 і 2.

Таблиця 1 – Характеристики базових моделей MP5

Зразок	A2/A4	A3/A5	K/KA4	KA1/KA5	SD1/SD4	SD2/SD5	SD3/SD6
Маса зброї без магазину, кг	2,54	3,08	2	2	2,8	3,1	3,4
Довжина загальна, мм	680	700	–	–	–	–	780
Довжина зі складеним прикладом, мм	–	550	325	325	550	–	–
Довжина ствола, мм	225	225	115	115	146	146	146
Ширина зброї, мм	50	50	60	50	60	60	60
Висота зброї, мм	260	260	210	210	210	210	210
Довжина прицільної лінії, мм	340	340	260	190	340	340	340
Темп стрільби, пострілів/хв	800	800	900	900	800	800	800
Початкова швидкість кулі, м/с	400	400	375	375	285	285	285
Енергія кулі, Дж	650	650	570	570	380	380	380

* Використовується патрон 9×19 мм «Парабелум».



Рис. 1 – Пістолет-кулемет MP5: HSG94K
– компактна версія



Рис. 2 – Пістолет-кулемет MP5:
SMG-PK – укорочена модифікація

Розглянемо найвідоміші моделі глушників іноземного виробництва для пістолетів-кулеметів MP5.

Глушник R16MP5 має швидкозйомний байонет з фіксатором на випадок ослаблення. Глушник Reflex є надульним і, практично, не потребує обслуговування. Модель R16MP5 виступає на 143,0 мм від зрізу ствола. Ефективність глушників Reflex складає (17,0 – 30,0) дБ.

Глушник Raptor має діаметр 35,0 мм, довжину 226,0 мм, масу 316,0 г і оснащений 11 перегородками найпростішої конструкції з нержавіючої сталі.

Основні технічні дані іноземних глушників вказано в табл. 2.

Таблиця 2 – Технічні данні основних модифікацій глушників
для пістолетів-кулеметів MP5

Глушник	Габарити, маса	Ефективність, dBA
AWC MK-9	Ø51×338 мм; 853 г	31
Gemtech Raptor	Ø35×231 мм; 277 г	21
Gemtech MK-9-K	Ø51×216 мм; 577 г	28
Gemtech MINITAC	Ø35×226 мм; 316 г	18

Нижче приведено схемні рішення і описано конструктивні особливості ПЗРЗП, створених в ІТМ НАНУ і ДКАУ.

Глушники для пістолетів-кулеметів з коротким стволом ПСУЗВ-04АТ.18-9,0 мм. Прилад призначено для використання у складі пістолета-кулемета модифікації MP5 KA1/KA5 фірми Heckler & Koch калібру 9,0 мм для роботи в режимі одиночних пострілів або автоматичному режимі вогню (рис. 3). Розсікач без центральної трубки. Деталі з титану і алюмінію.

Для пояснення робочих процесів глушника виділимо три основні камери I – II – III.

Основний елемент профілювання – сферичний газовий відбивач, з'єднаний з передньою і задньою кришками зваркою. Передбачуваний шлях газового потоку позначено стрілками.

Глушник складається з вузла кріплення до ствола зброї 1 і заднього профілюваного штуцера 2, зв'язаного з півсферою 3, що виконує роль дуль-

ного тормозу, з вихідним отвором 4. Цей вузол поєднується з корпусом 5 за допомогою різьби (камера I).

Глушник містить передню кришку 6 з вихідним отвором. В якості елементів розсікача використовуються півсфери 7, що з'єднані з кришкою зварною. Півсфери мають отвори для перетікання газу (камера III).

Кришка глушника 6 і перша півсфера розсікача утворюють камеру III, аналогічну камері I, усередині якої відбувається той же процес, що і в I камері приладу. Камера II – циліндрична розширювальна камера.

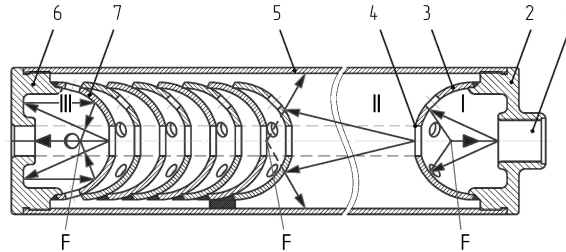


Рис. 3 – Конструктивна схема глушника ПСУЗВ-04АТ.18-9,0 мм

Глушники для пістолетів-кулеметів з конічними дискретними елементами розсікача. ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм для пістолета-кулемета МР5 кал. 9,0 мм – один з трьох глушників, надульний (рис. 4), два – наствольного типу.

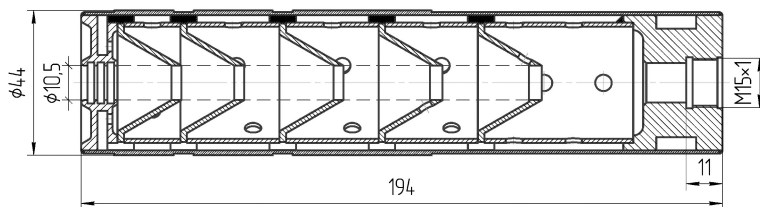


Рис. 4 – ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм

Розсікач ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм без центральної трубки. Конструкція зварна. Всі деталі з титану. Штуцер втоплений, без пружини. Кріплення – різьба М15×1 мм, права. Габаритні розміри: Ø44 мм, L = 194 мм. Перші два конуси мають один проріз. Три конуси без прорізів. Довжина втулок від зрізу ствола: 45 мм, 28 мм, 28 мм, 28 мм і 17 мм. Втулки мають дренажні отвори Ø5 мм (45 мм – 8 шт.; 28 мм – 5 шт.; 17 мм – 3 шт.). В конусах поглиблені проточки для перетікання газу, які замикаються в кільцеву проточку кришки,

з останньої викид в корпус відбувається через дванадцять отворів Ø3 мм. Прохідний отвір штуцера, конусів і кришки Ø10,5 мм. Маса – 525 г.



Рис. 5 – ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм в складі пістолета-кулемета МР5

Випробування ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм проводилося в тирі 22.07.2021 (рис. 5). Прилад має достатньо високу ефективність і повністю усуває спалахи.

Глушники з наствольною розширювальною камерою (зі сферичними і конічними елементами розсікача)

ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм. Прилади наствольні (рис. 6) призначено для використання у складі пістолета-кулемета МР5 А2/А4 фірми Heckler & Koch калібру 9,0 мм. Кріплення – різьбове. Розсікач без центральної трубки. Конструкція з наствольною частиною. Цим вони відрізняються від ПСУЗВ-04АТ.18-9,0 мм. Деталі приладів виготовлено з титану і алюмінію. Прилади призначено для роботи в режимі одиночних пострілів або в автоматичному режимі вогню. В якості елементів розсікача використовуються півсфери, зв'язані з штуцером втулкою. В півсферах є отвори для перетікання газу. В наствольну частину газ надходить через отвори в штуцері. В торці наствольної частини запресована втулка з капролоктана. Довжина наствольної частини 75,0 мм.

Глушники складаються з вузла кріплення до ствола зброї 1, з'єднаного з опорним фланцем, що має отвори, через які газ поступає в наствольну камеру I. Профільований фланець 2 зв'язано з штуцером 8 наствольною трубкою 3. У торці фланця запресоване капролоктанове кільце, що забезпечує щільну посадку приладу на ствол зброї. Наствольна камера з'єднується з корпусом 5 за допомогою різьби.

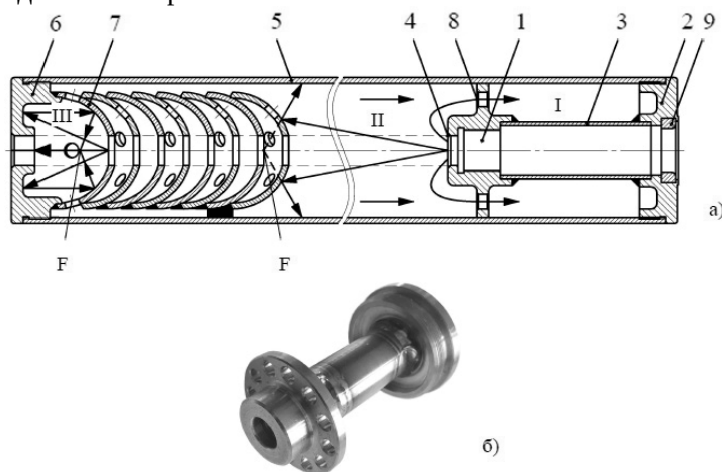


Рис. 6 – ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм с наствольною камерою (а) і зовнішній вигляд внутрішнього елемента, що утворює в корпусі наствольну камеру (б)

Кришка 6 глушника і перша півсфера 7 розсікача утворюють камеру III, аналогічну камері I. В середині камери III відбувається такий же процес, як і в камері I.

Глушники з наствольною розширювальною камерою (з конічними елементами розсікача)

ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм (СБ-1), рис. 7. Для пістолета-кулемета МР5 калібру 9,0 мм. Розсікач без центральної трубки. Конструкція зварна. Всі деталі з титану. З наствольною частиною довжиною $L_{наств}=75$ мм. Трубка $\varnothing 22 \times 1$ мм. Кріплення різьбове М15×1 мм, права. Довжина різьби $L = 11,0$ мм. Капролоктанове кільце $D_{вн}=15,0$ мм. Габаритні розміри: $\varnothing 44$ мм, $L = 252$ мм.

Конструктивно ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм (СБ-1) відрізняється від ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм довжиною першої втулки від зрізу ствола – вона становить 72,0 мм і має 14 дренажних отворів, а також кількістю конусів – їх в цьому приладі 4 шт. – і наявністю наствольної частини. В наствольну частину газ надходить через 12 отворів $\varnothing 5,0$ мм в штуцері.

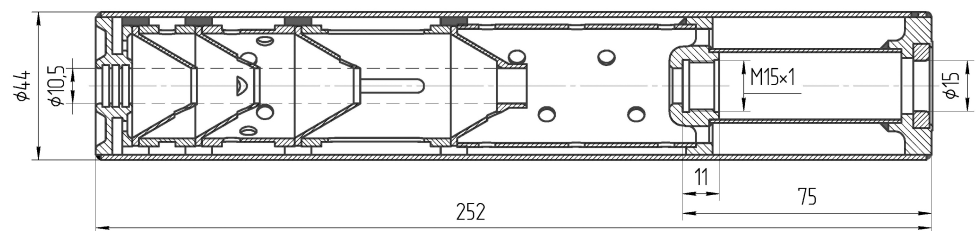


Рис. 7 – ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм (СБ-1)

ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм (СБ-2). Відрізняється від приладу СБ-1 кількістю конусів – їх тут 5 шт. – і довжиною першої втулки, яка становить 59,0 мм і має 10 дренажних отворів (рис. 8).

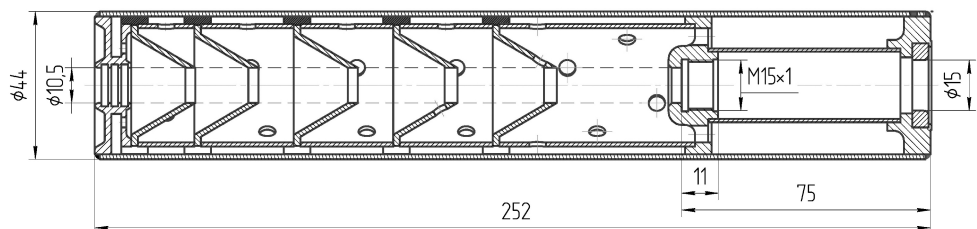


Рис. 8 – ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм (СБ-2)

Порівняльні випробування ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм, ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм СБ-1 і СБ-2 проводилися на полігоні 30.07.2021 (рис. 9 – 11).



Рис. 9 – ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм



Рис. 10 – ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм

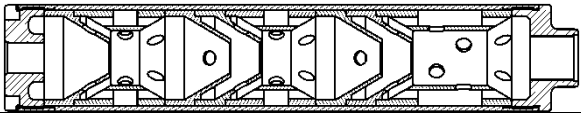
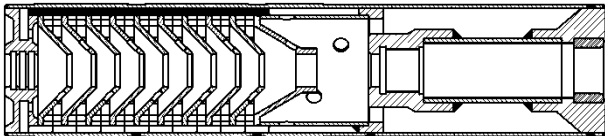
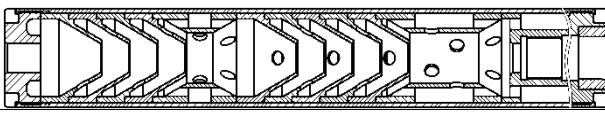
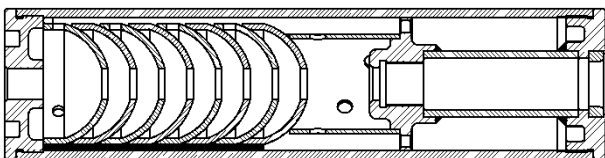
ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм – постріл надзвуковими і дозвуковими патронами гучніше, ніж з ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм. Гучність пострілу, як з пневматичної гвинтівки.

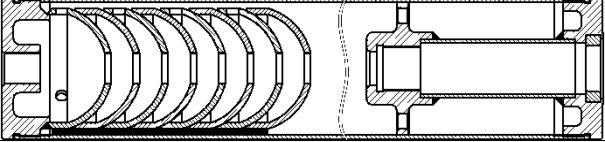
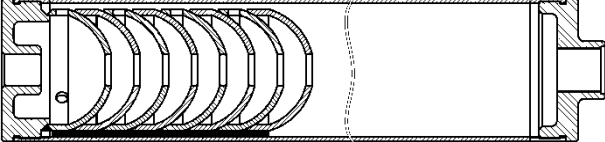
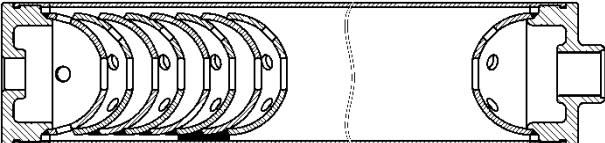
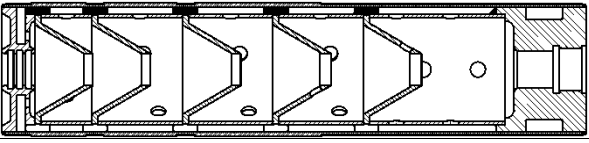
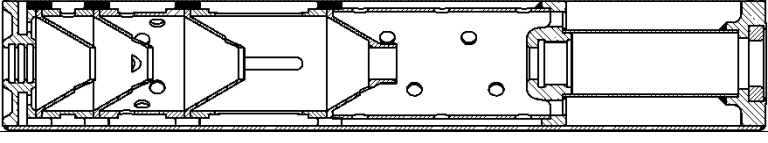
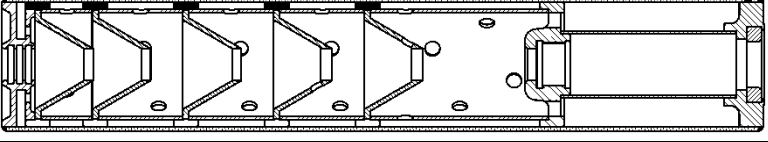


Рис. 11 – Пістолет-кулемет MP5 KA1/KA5 з ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм

В табл. 3 приведено конструктивні схеми і характеристики створених приладів в кількості 10 штук. Із них шість конструкції з конічними перегородковими елементами, про які говорилося раніше в складі приладів для інших видів зброї.

Таблиця 3 – Конструктивні схеми і характеристика створених в ІТМ НАНУ і ДКАУ глушників для пістолета-кулемета MP5

Найменування глушника і його конструктивна схема	Габарити, маса, ефективність
ПСУЗВ-16А.15-9,0 мм СБ1 	Ø35×190 мм; 260 г; 26 дБ
ПСУЗВ-14Т.15-9,0 мм СБ1 	Ø44×200 мм; 520 г; 28 дБ
ПСУЗВ-16А.15-9,0 мм СБ3 	Ø35×260 мм; 350 г; 28 дБ
ПСУЗВ-04АТ.18-9,0 мм СБ1 	Ø50×200 мм; 450 г; 28 дБ

ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм СБ1 	Ø50×375 мм; 500 г; 34 дБ
ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм СБ2 	Ø50×309 мм; 520 г; 30 дБ
ПСУЗВ-05АТ.18-9,0 мм СБ3 	Ø50×309 мм; 580 г; 32 дБ
ПСУЗВ-08Т.21-9,0 мм 	Ø44×194 мм; 525 г; 32 дБ
ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм СБ1 	Ø44×252 мм; 495 г; 32 дБ
ПСУЗВ-11Т.21-9,0 мм СБ2 	Ø44×252 мм; 510 г; 32 дБ

* Кріплення різьбове М15×1 мм, права на всіх глушниках

Найбільшу увагу приділено новим приладам зі сферичними і конічними перегородковими елементами, два з них створено для пістолетів-кулеметів з коротким стволом і два з наствольною камерою – для пістолетів-кулеметів з довгим стволом. Порівняння нових приладів за трьома показниками: ефективність, габарити і маса, з існуючими приладами іноземного виробництва наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Порівняння технічних показників приладів ІТМ НАНУ і ДКАУ з існуючими приладами закордонного виробництва

Параметр	Глушники закордонного виробництва	Глушники, створені в ІТМ НАНУ і ДКАУ
Ефективність, дБ	від 17 до 33	від 28 до 34
Габарити, мм ²	Ø35×226 Ø51×338	Ø50×200 Ø50×375
Маса, г	від 277,0 до 853,0	від 450,0 до 580,0

З порівняльної таблиці видно, що створені прилади перевищують іноземні за ефективністю і мають меншу масу. Крім того, приладами повністю усувається спалах пострілу.

Проведені натурні випробування створених приладів з використанням боеприпасів різної енергетики підтвердили наступне:

– ефективність зниження рівня звуку пострілу, яку забезпечує глушник, відповідає цьому показнику для кращих іноземних приладів зниження рівня звуку пострілу при співставленні масо-габаритних характеристик;

– для зменшення вартості глушника доцільно використовувати прогресивні технологічні процеси при виготовленні конструктивних елементів і глушника в цілому;

– вплив на автоматику зброї, точність і кучність стрільби, експлуатаційні характеристики не виявлено.

Висновок. Таким чином, в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України створено ефективні і надійні прилади зниження рівня звуку пострілу для пістолетів-кулеметів, які по ефективності і надійності не поступаються закордонним зразкам, мають ресурс не менше 5000 пострілів. Вартість виготовлення приладів нижча за закордонні аналоги.

1. Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Кваша Ю. А., Коваленко В. И. Ручное огнестрельное оружие бесшумного боя. Приборы снижения уровня звука выстрела для автоматов. Проектирование и экспериментальная обработка. Днепропетровск: Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 2008. 303 с.
2. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Кваша Ю. О., Січевий О. В., Скорік О. Д., Стрельніков Г. О. Безшумна автоматична вогнепальна зброя: Підручник. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2011. 340 с.
3. Неугодов А. С., Сабельников В. М. Акустика стрелкового оружия. М: ЦНИИ информации, 1979. 150 с.
4. О приборах бесшумной и беспламенной стрельбы. URL: <http://www.gutierrez.3dn.ru/blog/silencers/2011-06-11-6> (Дата звернення 15.05.2021).
5. Juha Hartikka Совсем не тихий глушитель. Мастер-ружье. 2010. №159. С. 52–57. URL: <http://master-gun.com/pdfs/159.pdf> (Дата звернення 15.05.2021).
6. Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Коваленко В. И., Биленко А. И. Разработка и натурные испытания унифицированных приборов снижения уровня звука выстрела стрелкового оружия. Техническая механика. 2014. №1. С. 3–10.
7. Акустические системы обнаружения огня. «СОВА» слышит пулю (Акустические системы обнаружения огня из стрелкового оружия разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»). URL: <http://alternathistory.com/akusticheskie-sistemy-obnaruzheniya-ognya-sova-slyshit-pulyu/> (Дата звернення 15.05.2021).
8. Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Скорик А. Д., Коваленко В. И., Загреба А. И., Пихотенко С. В., Яковлев С. В. Разработка конструкции и технологии изготовления глушителей из титановых сплавов для стрелкового оружия. Техническая механика. 2013. №1. С. 78–95.
9. Коновалов Н. А., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Скорик А. Д., Гулько А. Д., Якименко М. А., Коваленко В. И. Глушитель звука выстрела для автоматов подразделений специального назначения. Техническая механика, 2012. №2. С. 50–76.
10. Heckler & Koch MP5. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/HK_MP5 (Дата звернення 18.04.2018).
11. Heckler & Koch MP5 и его клоны. URL: https://zbroya.info/ru/blog/12282_heckler-koch-mp5-i-ego-klony/ (Дата звернення 18.04.2018).

12. Пилипенко О. В., Коновалов Н. А., Коваленко В. И., Семенчук Д. В. Глушители звука выстрела со сферическими перегородочными элементами для пистолетов-пулемётов. *Технічна механіка*. 2018. №2. С. 5–16. <https://doi.org/10.15407/itm2018.02.005>
13. Мураховский В. И., Федосеев С. Л. *Оружие пехоты*. Москва: Арсенал-Пресс, 1997. 400 с.
14. Мураховский В. И., Слуцкий Е. А. *Оружие специального назначения: справочник*. Москва: Элакос, 1995. 212 с.
15. Прилад зниження рівня і забезпечення направленості звуку пострілу стрілецької зброї: патент 28410 Україна. МПК (2006) F41A 17/00, F41A 21/30 (2006.01). Коновалов М. А., Остапов А. І., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Скорик О. Д., Тинина С. В., Чаплиць О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАНУ і НКАУ. №u 2007 08125; заявл. 17.07.2007; опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20. 6 с.
16. Прилад зниження рівня звуку пострілу стрілецької зброї: патент 36674 Україна. МПК (2006) F41A 21/30 (2008.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Пугач Є. О., Скорик О. Д., Стрельніков Г. О., Чаплиць О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАН України і НКАУ. № u 2008 01456; заявл. 04.02.2008; опубл. 10.11.2008, Бюл. № 21. 6 с.
17. Глушник звуку пострілу зброї: патент 84118 Україна. МПК (2006) F41A 21/30 (2008.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Скорик О. Д., Пугач Є. О., Пугач О. М.; заявник і патентовласник ТОВ НВФ «ІМКАС». № а 2008 05748; заявл. 05.05.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17. 4 с.
18. Прилад зниження рівня звуку пострілу стрілецької зброї: патент 89310 Україна. МПК (2009) F41A 21/30 (2008.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Скорик О. Д., Стрельніков Г. О., Чаплиць О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАНУ і НКАУ. № а 2008 08435; заявл. 24.06.2008; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1. 6 с.
19. Прилад зниження рівня звуку пострілу стрілецької зброї: патент 44753, Україна. МПК (2009) F41A 21/30 (2009.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Поляков Г. А., Пугач Є. О., Скорик О. Д., Чаплиць О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАНУ і НКАУ. № u 2009 05084; заявл. 22.05.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. 4 с.
20. Глушник звуку пострілу стрілецької зброї: патент 94790 Україна. МПК (2011.01), F41A 21/30 (2006.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Авдєєв А. М., Пугач Є. О. Скорик О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАН України та НКА України. № a200908628; заявл. 17.08.09; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.6 с.
21. Глушник звуку пострілу стрілецької зброї: патент 94491, Україна, МПК (2011.01) F41A 21/30 (2006.01), F41A 17/00. Коновалов М. А., Пилипенко О. В., Авдєєв А. М., Пугач Є. О. Скорик О. Д.; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки НАН України і НКА України. № a200907528; заявл. 17.07.09; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9. 5 с.

Отримано 21.09.2021,
в остаточному варіанті 25.11.2021