

БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОБТ

УДК 623.5

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.29.2023.44-50>К.В. Коритченко¹, О.В. Мартиненко¹, А.М. Касімов¹, В.Д. Кіріченко¹, В.В. Прокопенко²¹*Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, Харків*²*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

Article history: Received 27 September 2023; Revised 27 September 2023; Accepted 30 September 2023

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ МІНИ В КАНАЛІ СТВОЛА ГАЗОДЕТОНАЦІЙНОГО МІНОМЕТА

В роботі представлено результати дослідження електромагнітної системи утримання міни в каналі ствола газодетонаційного міномета. Для скорочення часу від виявлення цілі до її ураження запропоновано застосування газодетонаційного міномета з напівавтоматичною системою наведення в області прямої видимості цілі. Такий тип міномета забезпечить скорочення загального часу ураження цілі до 2-3 хвилин. Проведено аналіз впливу магнітного утримання міни на роботу газодетонаційного міномета. Утримання міни у каналі ствола на час формування газового металю заряду дозволяє зафіксувати об'єм заряду. Електромагнітна система утримання міни складається з електромагнітної котушки, магнітопроводу, джерела постійного струму з комутатором. Включення електромагнітної системи здійснюється безпосередньо перед пострілом для зменшення нагрівання котушки. Здійснено розрахунок сили утримання міни, на підставі якого обґрунтовано параметри електромагнітної системи утримання міни. За результатами експериментальних досліджень визначено залежність сили утримання міни від струму живлення електромагнітної системи. Розроблена динамометрична система вимірювання складалась з п'єзоелектричного вимірювача сили з пружиною, електроциліндра та тросового зчеплення. Проведено оцінку тиску, за якого відбувається відривання міни від електромагніта у стволі газодетонаційного міномета. Отримано, що потужність, яка споживається електромагнітною системою, складає близько 15 Вт, а за сили утримання 930-980 Н відрив міни розпочнеться за відносним тиском стисненого газового заряду, що дорівнює 0,15-0,2 МПа. За результатами вимірювань отримано падіння напруги на котушці у 2,36 В за струму 3 А.

Ключові слова: газодетонаційний міномет; електромагнітна система; утримання міни; сила утримання; канал ствола; немагнітна вставка; осердя.

Постановка проблеми

Характерними рисами сучасної збройної боротьби українського народу проти російського агресора, які безпосередньо впливають на ведення бойових дій, є:

широке застосування новітніх систем озброєння і військової техніки, зокрема, застосування високоточної зброї, засобів повітряного нападу, розвідки та радіоелектронної боротьби;

високоманеврені (мобільні) дії військ (сил) на розрізних напрямках із широким застосуванням механізованих, танкових, артилерійських підрозділів, підрозділів спеціальних військ, десантно-штурмових військ;

широке застосування спеціальних (неконтактних) способів ведення збройної боротьби (спеціальних операцій), дальнього вогневого ураження, підривних дій;

автономність дій підрозділів.

Виходячи з вказаних рис особливого значення набуває автономність дій механізованих, танкових, мотопіхотних, артилерійських підрозділів, підрозділів спеціальних військ, десантно-штурмових військ, підрозділів територіальної оборони та підвищення їх рухомості і мобільності.

З усього переліку артилерійського озброєння мінометне озброєння, доповнюючи [1] класичну артилерію, залишається одним з основних вогневих засобів

механізованих, танкових підрозділів в бою. На мінометне озброєння припадає найбільша частка вогневих завдань безпосередньої підтримки механізованих, мотопіхотних, десантно-штурмових підрозділів, підрозділів територіальної оборони. Використовуючи різні міни, міномети спроможні уражати живу силу, вогневі засоби, легко броньовану техніку, мінометні підрозділи противника, здійснювати руйнування польових укріплень, ставити димові зависи або проводити освітлення місцевості.

До сучасного мінометного озброєння висувається низка ключових вимог: висока бойова ефективність, захищеність, прихованість, живучість, стійкість до зовнішніх впливів та природних факторів, здатність до застосування в бойових діях, характерними ознаками яких є висока маневреність та швидкоплинність, а також сумісність таких зразків з існуючими та перспективними засобами управління військами. Щоб виконати ці вимоги, в усіх видах бою потрібно приділяти увагу питанням мобільності пересування на місцевості, простоті і швидкості розгортання в бойовий порядок. Так, постійний розвиток форм і способів ведення бойових дій обумовлює необхідність створення перспективних мобільних зразків мінометного озброєння. Отже, вихідними даними для розробки мінометних систем є упорядкована сукупність якісних і кількісних показників, що визначають призначення, завдання, вимоги до основних бойових властивостей, умови бойового застосування цього виду озброєння.

На сьогодні проблема підвищення мобільності мінометних систем безпосередньої підтримки механізованих, танкових, мотопіхотних, підрозділів, підрозділів спеціальних військ, десантно-штурмових військ, підрозділів територіальної оборони на полі бою стає все більш актуальною.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Із літературних джерел відомо [2], що останнім часом перевага в розробці та використанні артилерійських вогневих засобів для підтримки механізованих, танкових, мотопіхотних, підрозділів, підрозділів спеціальних військ, десантно-штурмових військ, підрозділів територіальної оборони надається мінометним системам з шасі яке дозволяє не знімаючи міномет вести прицільний вогонь по противнику. Разом з тим, самохідних мінометів, які поєднують в собі не можна брати до уваги напрям розробки, так званих властивості міномета та артилерійської гармати і здатні виконувати завдання з вогневого ураження, використовуючи як міни, так і артилерійські снаряди.

У газодетонаційному мінометі метання міни забезпечується продуктами детонації паливно-кисневої суміші. Швидкість детонації паливно-кисневої суміші на порядок величини перевищує швидкість міни. Наприклад, швидкість детонації стехіометричної

пропано-кисневою суміші досягає 2220 м/с [2], а початкова швидкість міни у мінометі 82-ВМ-37 досягає близько 211 м/с [3]. Тому допустимо прийняти, що згорання горючої суміші у мінометі відбувається миттєво. У такому разі початкова швидкість міни визначається роботою політропічного розширення, що здійснюють продукти газової детонації. Робота розширення визначається початковим тиском та об'ємом продуктів детонації. А ці параметри залежать від умов нагнітання стисненої газової суміші у ствол міномету. Таким чином, внутрішньо балістичні процеси у газодетонаційному мінометі визначаються процесами нагнітання суміші у канал ствола під тиском, ініціювання детонації, детонаційного згорання суміші з подальшим прискоренням міни продуктами детонації. Процес ініціювання детонації у стиснених газових сумішах досліджувався у роботах [4-7]. Процес детонації та прискорення міни продуктами детонації досліджувався у роботах [8-10]. В той же час процес нагнітання суміші у канал ствола міномета під тиском не достатньо вивчений. У газодетонаційному мінометі передбачається застосування електромагнітної системи утримання міни, яка впливає на процес нагнітання суміші. Тому електромагнітна система утримання міни потребує окремого дослідження.

Метою статті є визначення залежності сили утримання міни від струму живлення електромагнітної системи для оцінки тиску, за якого відбувається відривання міни від електромагніту у стволі газодетонаційного міномета.

Виклад основного матеріалу

Аналіз впливу магнітного утримання міни на роботу газодетонаційного міномета. Утримання міни в каналі ствола під час заповнення міномета стисненим газовим зарядом дозволяє знизити вимоги до системи ініціювання детонації. Такий вплив пояснюється наступним. За умови відсутності утримання міни стиснений горючий заряд переміщує міну під час подавання цього заряду у міномет. Переміщення міни у каналі ствола призводить до зміни об'єму та тиску металюного газового заряду. Відповідно, такі зміни впливають на параметри пострілу, такі як максимальний тиск продуктів детонації та роботу розширення продуктів детонації. Це в кінцевому випадку визначає початкову швидкість міни. Таким чином, час ініціювання детонації визначає поточне положення міни, та через поточний термодинамічний стан та об'єм газового заряду впливає на енергію пострілу.

Утримання міни у каналі ствола на час формування газового металюного заряду дозволяє зафіксувати об'єм заряду. В цьому випадку параметри пострілу визначаються тиском заряду, який досягнуто на час ініціювання детонації. За умови відсутності

вигукання газового заряду через ущільнення міна-ствол час ініціювання детонації в цьому випадку є необмеженим. Але у разі застосування мінометної міни та штатного мінометного ствола має місце витікання заряду. Це викликано тим, що діаметр міни дорівнює 81,4 мм, а діаметр ствола дорівнює 82 мм. В цьому випадку площа щілини між міною та стволом дорівнює 77 мм². Тому затримка у часі ініціювання детонації призводить до зростання втрат газового заряду. Але за умови компенсації витрат газу нагнітанням газової суміші у міномет досягається наявність фіксовано тиску газового заряду. В цьому випадку час ініціювання детонації не впливає на параметри пострілу. В результаті має місце зниження вимог до затримки у часі ініціювання детонації від часу досягнення необхідного початкового тиску заряду.

Розрахунок сили утримання міни в газодетонаційному мінометі. Виходячи з будови мінометної міни пропонується наступна схема електромагнітного утримання міни під час нагнітання стисненого газового заряду (рис. 1).

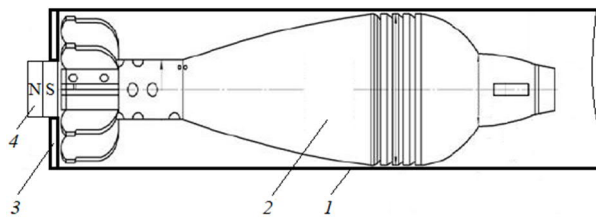


Рис. 1. Схема електромагнітного утримання міни:
1 – ствол; 2 – мінометна міна; 3 – немагнітна вставка;
4 – магніт

Для утримання міни в каналі ствола під час нагнітання заряду необхідно виконання умови

$$F_{\text{утр}} > F_{\text{т}}, \quad (1)$$

де $F_{\text{утр}}$ – магнітна сила утримання; $F_{\text{т}}$ – сила тиску газу на міну.

Сила тиску газу на міну визначається за рівнянням

$$F_{\text{т}} = p_{\text{зар}} \cdot S_{\text{м}} = p_{\text{зар}} \cdot \frac{\pi d_{\text{м}}^2}{4}, \quad (2)$$

де $p_{\text{зар}}$ – відносний тиск газового заряду; $S_{\text{м}}$ – площа міни; $d_{\text{м}}$ – діаметр міни.

Магнітна сила утримання визначається за рівнянням

$$F_{\text{утр}} = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S_{\text{ем}}, \quad (3)$$

де μ_0 – магнітна стала, що дорівнює $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; B – індукція магнітного поля; $S_{\text{ем}}$ – контактна площа поверхні магніт-міна.

Результати розрахунку сили тиску газового заряду та магнітної сили утримання за різних умов метання

представлено в табл. 1 та 2. Розрахунок проведено для мінометної міни калібру 82 мм. В розрахунках прийнято, що для утримання міни застосовано електромагніт з осердям зі електротехнічної залізко-кобальтової сталі (сплав K49Ф2), яке має індукцію насичення $B_s = 2,43$ Тл. Це значення індукції застосовано під час розрахунку сили за виразом (3). Також приймалось, що поверхня магніт-міна може мати діаметр в діапазоні від 20 мм до 40 мм. Прийняті значення базуються на конструкції хвостовика міни (рис. 2) з діаметром корпусу хвостовика, що дорівнює 30 мм. З наведеної конструкції спостерігаємо можливість збільшення контактної поверхні до 40 мм.

Таблиця 1

Сила тиску газового заряду на міну калібру 82 мм за різних умов метання

Параметр/умова	Сила тиску, кН	
Відносний тиск газового заряду, МПа	0,3	1,58
	0,5	2,64
	1	5,28

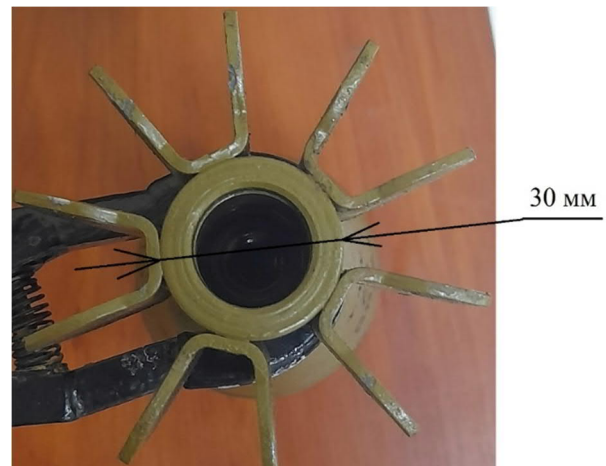


Рис. 2. Вигляд хвостовика 82-мм мінометної міни

Таблиця 2

Сила тиску газового заряду на міну калібру 82 мм за різних умов метання

Параметр/умова	Сила утримання, кН	
Діаметр контактної поверхні магніт-міна, мм	20	0,738
	30	1,66
	40	2,95

З порівняння результатів розрахунків (табл. 1 та 2) маємо, що донне утримання міни електромагнітною системою досягається до відносного тиску газового заряду 0,5 МПа та діаметр контактної поверхні магніт-міна, що дорівнює 40 мм.

Здійсимо розрахунок для електромагнітної системи утримання міни. Приймаємо наступне розташування електромагніту у мінометі (рис. 3). Приймаємо, що силові лінії магнітного поля головним чином розподіляються згідно з рис. 3. Для захисту котушки 1 від

тиску та температури продуктів детонації застосовано немагнітну вставку 2.

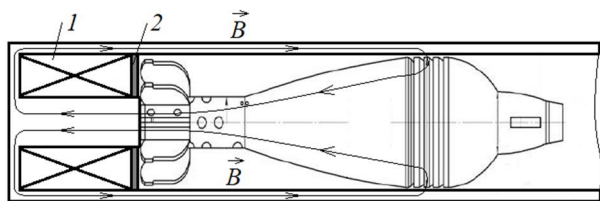


Рис. 3. Варіант розміщення електромагніту у мінометі:

1 – електромагнітна котушка; 2 – немагнітна вставка

Приймаємо, що котушка має внутрішній діаметр 50 мм, зовнішній діаметр 70 мм та висоту 70 мм. Методом перебору визначено провід ПЕТВ-2 з діаметром жили 1,18 мм та зовнішнім діаметром 1,279 мм. Виходячи з розмірів котушки отримуємо можливість намотування 7 шарів по 53 витка на шар, тобто $N=371$ виток, при коефіцієнті заповнення $(371 \cdot \pi \cdot 1,182/4) / (70 \cdot 10) = 0,58$. Середній діаметр витка котушки дорівнює 60 мм. Звідси, довжина одного витка складе $\pi \cdot 60 = 188,5$ мм, а повна довжина проводу у обмотці $188,5 \cdot 371 = 70\,000$ мм = 70 м. Питомий опір міді дорівнює $\rho_{\text{мід}} = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом м. З урахуванням площі перетину проводу та його довжини отримуємо опір котушки, що дорівнює $1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 70 / (\pi \cdot 0,00182/4) = 0,47$ Ом. За напругою живлення 12 В отримуємо з законом Ома струм $i = 12 / 0,47 = 25,5$ А. Густина струму в цьому випадку складе $J = 25,5 / (\pi \cdot 1,182/4) = 23$ А/мм². Ця густина струму допустима для умов короткочасного навантаження котушки. Розрахуємо напруженість магнітного поля, що виникає у магнітній системі утримання за виразом,

$$H = \frac{iN}{l_{\text{сер}}}, \quad (4)$$

де $l_{\text{сер}}$ – середня довжина магнітної лінії.

З урахуванням реальних розмірів міни маємо $l_{\text{сер}} = 0,65$ м. Звідси, за виразом (4) отримуємо $H = 25,5 \cdot 371 / 0,65 = 14554$ А/м. За цієї напруженості магнітного поля досягається магнітне насичення сталі.

Експериментальне дослідження електромагнітної системи утримання міни в каналі ствола міномета. Електромагнітна система утримання міни складається з електромагнітної котушки, магнітопроводу, джерела постійного струму з комутатором. Включення електромагнітної системи здійснюється безпосередньо перед пострілом для зменшення нагрівання котушки. Для дослідного зразка міномета виготовлення електромагнітної котушки здійснено наступним чином. Каркас котушки спроектовано згідно з ескізом, представленим на рис. 4. Виготовлення каркасу з діелектричного матеріалу здійснювалось на 3D-принтері. Вигляд каркаса котушки також представлено на рисунку 4.

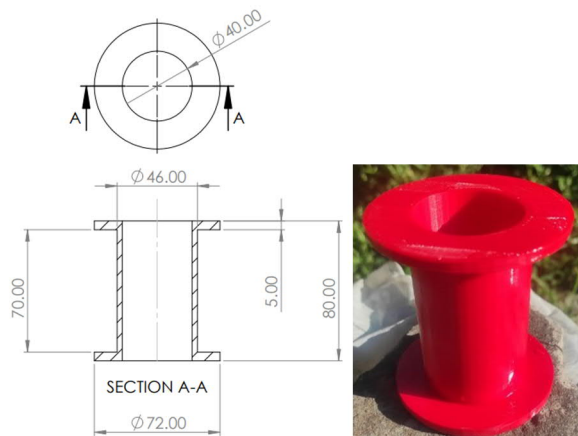


Рис. 4. Ескіз та вигляд каркаса електромагнітної котушки

На каркас котушки намотувався провід ПЕТВ-2 з поліефірною лаковою ізоляцією діаметром 1,56 мм. Намотано 7 слоїв обмотки по 45-47 витків у кожному слою. Загальна кількість витків обмотки склала 322 витка. Після створення котушки виміряно її опір за законом Ома шляхом вимірювання падіння напруги на котушці за сталого струму. За результатами вимірювань отримано падіння напруги на котушці у 2,36 В за струму 3 А. Тобто, активний опір котушки дорівнював 0,79 Ом.

У якості осердя котушки використано електротехнічну сталь 10895 діаметром 40 мм. Зовнішній магнітопровід виконано зі сталі 20. Немагнітна частина системи, яка захищає котушку від впливу високих температур та тиску, виконана зі сталі 08X18H10T. Загальний вигляд електромагніту у зборі представлено на рисунку 5.



Рис. 5. Вигляд котушки (вверху) та електромагніту у зборі (внизу)

Для вимірювання сили, за якої відбувається відрив міни у електромагнітній системі утримання, виготовлено динамометричну систему вимірювання. Ця система складалась з п'єзоелектричного вимірювача сили з пружиною, електроциліндру та тросового

зчеплення. Для з'єднання тросу з міною було виготовлено перехідний елемент у формі підривника міни. При цьому для створення осьової сили трос виходив вздовж осі перехідного елемента (рис. 6).

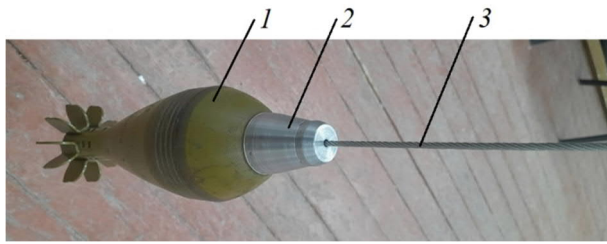


Рис. 6. З'єднання міни з тросом:

1 – електромагнітна котушка; 2 – немагнітна вставка

Вигляд динамометричної системи вимірювання представлено на рис. 7.

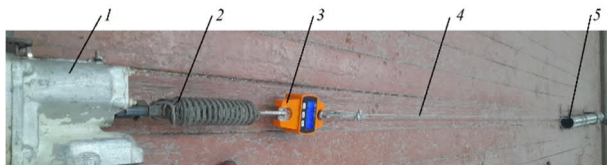


Рис. 7. Вигляд динамометричної системи вимірювання:

1 – електроциліндр; 2 – пружина; 3 – ньютонometr; 4 – трос; 5 – ствол міномета

Вимірювання сили, за якої відбувається відрив міни, здійснювалось наступним чином. Міна розміщувалась у стволі. До електромагнітної системи утримання підводилась напруга живлення. Періодично включався електроциліндр, що призводив до поступового зростання сили, що діє на міну. Після досягнення критичного значення відбувалось відривання міни. Це значення на момент відриву фіксувалось як максимальна сила утримання. За подібних умов вимірювання проводилось по 10 разів для визначення мінімальної та максимальної сили утримання. У подальшому серія досліджень повторювалась зі змінною напругою живлення.

Зростання сили утримання досягається збільшенням площі контактної поверхні. Тому передбачалось розміщення сталевго осердя зі сталі Ст.20 діаметром 22 мм у 82-мм міні замість порохового металевго заряду. Тому проведено вимірювання впливу осердя на силу утримання. Результати досліджень надано в табл. 3.

Таблиця 3

Результати вимірювання електромагнітної сили утримання міни

№	Умови	U, В	I, А	F _{мін} , Н	F _{макс} , Н
1	без осердя	2	1,9	750	759
2	з осердям	2	1,9	936	950
3	без осердя	4	3,8	930	980
4	з осердям	4	3,8	1210	1270

За результатами досліджень спостерігаємо, що сила утримання залежить від струму живлення та

наявності осердя. Отримані значення сили утримання за порядком величини збігаються з результатами розрахунків (табл. 2). За збільшеної сили утримання досягається створення підвищеного тиску у горючому газовому заряду в каналі ствола міномету під час імпульсного нагнітання заряду. В той же час зростання струму та напруги живлення електромагніту зумовлює зростання потужності, що споживається. Хоча застосування осердя призводить до збільшення сили утримання міни, але це призводить до зростання маси міни. Виходячи з вищезазначених міркувань вважається доцільним живлення магнітної системи струмом 3,8 А та застосування міни без осердя. У цьому випадку потужність, що споживається електромагнітною системою, складе близько 15 Вт, а за сили утримання 930-980 Н відрив міни розпочнеться за відносним тиском стисненого газового заряду, що дорівнює 0,15-0,2 МПа (табл. 1).

Висновки

Проведено дослідження електромагнітної системи утримання міни в каналі ствола газодетонаційного міномета. У якості осердя котушки використано електротехнічну сталь 10895 діаметром 40 мм. Зовнішній магнітопровід виконано зі сталі 20. Немагнітна частина системи, яка захищає котушку від впливу високих температур та тиску, виконана зі сталі 08X18H10T. Загальна кількість витків обмотки у котушці склала 322 витка. Виміряно, що за струмом живлення котушки у 3,8 А потужність, що споживається електромагнітною системою, складає близько 15 Вт. При цьому досягається сила утримання у 930-980 Н. За цієї сили відрив міни розпочнеться за відносним тиском стисненого газового заряду, що дорівнює 0,15-0,2 МПа.

Список літератури

1. Сакун О.В. Історія та перспективи застосування танкових мінометів. *Механіка та машинобудування*, Харків, 2018. № 1. С. 89–96.
2. Grondin L. J.-S., Lee J.H.S. The onset of detonation in mixtures with regular and irregular detonation cellular structures. (Початок детонації в сумішах з регулярною і нерегулярною детонацією клітинних структур). *Irvine. Report. 23rd ICDERS – July 24–29, 2011. No.65.*
3. "82 mm M-37 mortar" (82-мм міномет М-37). *Jane's Infantry Weapons 2002–2003*. 2001. pp. 3692–3693.
4. V. Kamenskihs, H.D. Ng, J.H.S. Lee. Measurement of critical energy for direct initiation of spherical detonations in stoichiometric high-pressure H₂-O₂ mixtures (Вимірювання критичної енергії для прямого ініціювання сферичних детонацій у стехіометричних сумішах високого тиску H₂-O₂) *Combustion and Flame*, 2010, Vol. 157, pp. 1795–1799, DOI: 10.1016/j.combustflame.2010.02.014 (дата звернення 27.09.2023).

5. H.D. Ng, J.H.S. Lee. Assessment of detonation hazards in high-pressure hydrogen storage from chemical sensitivity analysis (Оцінка небезпеки детонації в сховищах водню під високим тиском за допомогою аналізу хімічної чутливості). *International Journal of Hydrogen Energy*, 2007; Vol. 32(1), pp. 93-99, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2006.03.012 (дата звернення 27.09.2023).

6. K. Korytchenko, C. Senderowski, D. Samoilenko, et al. Numerical analysis of the spark channel expansion in a high-pressure hydrogen–oxygen mixture and in nitrogen (Чисельний аналіз розширення каналу спалаху у воднево-кисневій суміші високого тиску та в азоті), *Shock Waves*, 2022, Vol. 32, pp. 321–335, DOI: 10.1007/s00193-022-01077-3 (дата звернення 27.09.2023).

7. K. Korytchenko, R. Tomashevskiy, I. Varshamova et al. Numerical investigation of energy deposition in spark discharge in adiabatically and isothermally compressed nitrogen (Чисельне дослідження енергетичних вкладень при вибуховому розряді в адиабатично та ізотермічно стисненому азоті), *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2020, Vol. 59, SHHC04, DOI: 10.35848/1347-4065/ab72cc

8. Сақун А.В., Хилько Ю.В., Корытченко К.В. Численное моделирование внутрибаллистических процессов в газодетонационной установке метания тушащих веществ. *Проблемы пожарной безопасности*, Харьков, 2014. №36. С.208-217. <http://repositc.puczu.edu.ua/handle/123456789/981> (дата звернення 27.09.2023).

9. Сақун О.В., Хилько Ю.В., Корытченко К.В., Белоусов И.О., Исаков О.В.. Експериментальне дослідження системи метання газодетонаційним зарядом. *Механіка та машинобудування*, Харків, 2015. № 1. С. 128–134.

10. Корытченко К.В., Сақун О.В., Хилько Ю.В., Цебрюк І.В., Белоусов І.О.. Параметри пострілу газодетонаційної системи метання. *Системи обробки інформації*, 2015, № 10 (135). С. 215-218.

References

1. Sakun O.V. (2018), “Istoriya ta perspektyvy zastosuvannya tankovykh minometiv” [History and prospects of using tank mortars]. *Mechanics and Mechanical Engineering*. Kharkiv, 2018. Issue №1. pp. 89-96. [in Ukrainian]

2. Grondin L. J.-S. and Lee J.H.S. (2011), The onset of detonation in mixtures with regular and irregular

detonation cellular structures. *Irvine. report 23rd ICDERS – July 24–29*, No.65.

3. (2001), “82 mm M-37 mortar”. *Jane's Infantry Weapons 2002–2003*. pp. 3692–3693.

4. V. Kamenskihs, H.D. Ng and J.H.S. Lee. (2010), Measurement of critical energy for direct initiation of spherical detonations in stoichiometric high-pressure H₂-O₂ mixtures *Combustion and Flame*, Vol. 157, pp. 1795–1799, DOI: 10.1016/j.combustflame.2010.02.014 (Accessed 27 September 2023).

5. H.D. Ng and J.H.S. Lee. (2007), Assessment of detonation hazards in high-pressure hydrogen storage from chemical sensitivity analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 32(1), pp. 93-99, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2006.03.012 (Accessed 27 September 2023).

6. K. Korytchenko, C. Senderowski, D. Samoilenko and et al. (2022), Numerical analysis of the spark channel expansion in a high-pressure hydrogen–oxygen mixture and in nitrogen, *Shock Waves*, Vol. 32, pp. 321–335, DOI: 10.1007/s00193-022-01077-3 (Accessed 27 September 2023).

7. K. Korytchenko, R. Tomashevskiy, I. Varshamova and et al. (2020), Numerical investigation of energy deposition in spark discharge in adiabatically and isothermally compressed nitrogen, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 59, SHHC04, DOI: 10.35848/1347-4065/ab72cc (Accessed 27 September 2023).

8. Sakun A.V., Khilko Yu.V. and Korytchenko K.V. (2023), “Chislennoye modelirovaniye vnutriballisticheskikh protsessov v gazodetonatsionnoy ustanovke metaniya tushashchikh veshchestv” [Numerical modeling of intraballistic processes in a gas detonation installation for throwing extinguishing agents]. *Problems of fire safety*. Kharkiv, 2014. Issue №36 pp. 208-217. (Accessed 27 October 2023). [in Ukrainian]

9. Sakun A.V., Khilko Yu.V., Korytchenko K.V., Belousov O.V. and Isakov I.O. (2015), “Eksperymental'ne doslidzhennya systemy metannya hazo-detonatsiynym zaryadom” [Experimental study of the gas-detonation charge throwing system]. *Mechanics and Mechanical Engineering*. Kharkiv, 2015. Issue №1. pp. 128-134. [in Ukrainian]

10. Sakun A.V., Khilko Yu.V., Korytchenko K.V., Belousov O.V. and Tsebruk I.V. (2015), “Parametry postrilu hazodetonatsiynoi systemy metannya” [Parameters of the shot of the gas detonation throwing system]. *Information processing systems*. Kharkiv, 2015. Issue №10 (135). pp. 215-218. [in Ukrainian]

STUDY OF THE ELECTROMAGNETIC SYSTEM OF HOLDING THE MINE IN THE BARREL CHANNEL OF THE GAS DETONATION MORTAR

K. Korytchenko, O. Martynenko, A. Kasimov, V. Kirichenko, V. Prokopenko

The paper presents the results of the study of the electromagnetic system of holding the mine in the bore of the gas detonation mortar. To reduce the time from the detection of the target to its destruction, the use of a gas detonation mortar with a semi-automatic guidance system in the direct line of sight of the target is proposed. This type of mortar will reduce the total time of hitting the target to 2-3 minutes. An analysis of the influence of the magnetic holding of the mine on the operation of the gas

detonation mortar was carried out. Holding the mine in the bore during the formation of the gaseous propellant charge allows you to fix the volume of the charge. The electromagnetic mine holding system consists of an electromagnetic coil, a magnetic circuit, a DC source with a commutator. The switch on of the electromagnetic system is carried out immediately before the shot to reduce the heating of the coil. The mine holding force was calculated, on the basis of which the parameters of the mine holding electromagnetic system were substantiated. Based on the results of experimental studies, the dependence of the holding force of the mine on the power supply current of the electromagnetic system was determined. The developed dynamometric measurement system consisted of a piezoelectric force meter with a spring, an electric cylinder and a cable clutch. The pressure when the mine detaches from the electromagnet in the barrel of the gas detonation mortar is estimated. It was found that the power consumed by the electromagnetic system is about 15 W, and with holding forces of 930-980 N, mine extraction will begin at the overpressure of the compressed gas charge, equal to 0.15-0.2 MPa.

Keywords: gas detonation mortar; electromagnetic system; the mine holding; holding power; bore; non-magnetic insert; core.

УДК 327:355.02/629.113.001

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.29.2023.50-59>

В.Ф. Кохан, Р.І. Сідор

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

Article history: Received 04 September 2023; Revised 21 September 2023; Accepted 30 September 2023

ВІЙСЬКОВИЙ “БАГГІ” – ОСНОВНИЙ ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РУХОМОСТІ МОБІЛЬНИХ ГРУП ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ

Проведений аналіз конструкції і тактико-технічних характеристик (ТТХ) базових бойових колісних машин (БКМ) Збройних Сил України (ЗСУ), а також зразків спеціально-ударних колісних автомобілів іноземного виробництва. Розглянуто їх сфери використання, особливості експлуатації і тактичні можливості кожного зразку – як основних колісних транспортних засобів для швидкого транспортування, доставки (мобільних груп) і евакуації особового складу підрозділу, а також як засіб буксирування легких зразків озброєння, артилерійських систем.

Виконано порівняльну оцінку основних числових показників БКМ і колісних тактичних автомобілів з технічних, бойових, економічних питань, які спрямовані для вирішення основних логістичних і тактичних завдань, а саме в диверсійно-розвідувальних операціях, при організації засідок для боротьби з ворожою автомобільною, бронетанковою технікою і низьколітаючими повітряними цілями, а також у проведенні рейдових операцій по тилах ворога і у забезпеченні технічної підтримки при проведенні тактичної евакуації поранених з поля бою.

Метою роботи є порівняння основних показників (фінансово-економічних, тактико-технічних і бойових) військових тактичних колісних автомобілів-транспортів особового складу механізованого підрозділу Збройних сил України і новітніх ультралегких тактичних автомобілів для спеціально-ударних операцій армії США як основного розробника і постачальника на ринок спеціалізованої техніки.

Метою дослідження є визначення найбільш перспективних зразків колісних бойових автомобілів, які зможуть відповідати вимогам Збройних Сил України і Силам спеціальних операцій (ССО) в умовах сучасної війни і майбутніх військових операціях.

Найбільш актуальні зразки після глибокої оцінки, тестування їх можливостей зможуть поповнити парк спеціально-ударних автомобілів через закупівлю або ж отримати фінансову допомогу, щоб втілити у життя ідеї і технічні рішення вітчизняних винахідників “баггі” за підтримкою Департаменту військово-технічної політики і розвитку озброєння і військової техніки Міністерства оборони України.

Ключові слова: легкі тактичні автомобілі, спеціальні ударні автомобілі, “баггі”, конструкція, розвиток, сфера використання, мобільність, пріоритетність.

Постановка проблеми

Традиційно армії, які бажають підвищити свою живучість і боєдатність при виконанні бойових (рейд, патрулювання, охорона, розвідка, спостереження, евакуація) і спеціальних завдань на складній місцевості з низькопрохідними ґрунтами (сипучі,

піщані, вологі) на малих і великих відстанях застосовують колісні легкі тактичні автомобілі (ЛТА), які мають високі показники з прохідності, стійкості, швидкохідності за середні та важкі тактичні автомобілі [1–7].

Щоб мати високий ефект застосування при нанесенні вогневої ураження противнику малими