УДК 623.365

О.В. Серпухов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СПЕЦІАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДО БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ КОЛІЙНИХ ПРОХОДІВ У МІННО-ВИБУХОВИХ ЗАГОРОДЖЕННЯХ

Розглянуто питання розширення колійних проходів у мінно-вибухових загородженнях з використанням бронетанкової техніки. На відміну від існуючих способів, запропоновано оснащення танків спеціальним обладнанням, яке забезпечує розмінування за рахунок об'ємного вибуху. Створення паливно-повітряної суміші відбувається шляхом розпилювання палива у струмені відпрацьованих газів силової установки танка. Приведені результати розрахунків масово-енергетичних показників у разі застосування різних палив. Запропоновано розміщення обладнання на танках типу Т-64 та Т-72 без їх конструктивних доопрацювань. Розроблена методика застосування танка зі спеціальним обладнанням спрощує процес розмінування та підвищує захищеність особового складу.

розмінування, бронеоб'єкт, об'ємний вибух

Вступ

Подолання мінних полів може здійснюватися по колійних проходах. При цьому, ширина кожної колії повинна бути не менш, ніж 1,1 м, а міжколійного непротраленого проміжку біля 1,5 м [1]. За допомогою тралів, якими споряджається бронетанкова техніка, можливо утворення протраленої колії шириною не більш, ніж 0,6 м [2]. Тому, колійний прохід з вищезгаданими вимогами пророблюється шляхом перетинання мінно-вибухового загородження двома танками, що споряджені мінними тралами, та які рухаються один за одним з уступом в бік. А для обладнання суцільного проходу за допомогою мінних тралів необхідно проходження трьох-чотирьох танків уступом праворуч (ліворуч). Для виконання цього завдання танки обладнуються котковими тралами, наприклад, типу КМТ-5. Слід відзначити, що у разі застосування ножових тралів міни будуть вилучатися на протралену колію, тобто безпечний прохід не утворюється.

Враховуючи те, що на танкову роту передбачається тільки один котковий трал [3], то виконання інженерної задачі по створенню проходу таким підрозділом значно ускладнюється. Окрім того, що танку, спорядженому котковим тралом, необхідно багаторазово перетинати мінне поле, слід враховувати обмежену вибухостійкість тралу. Зокрема, котковий трал типу КМТ-5 може витримати не більш ніж 2 підривання протитанкової міни, заряд якої важить до 6 кг [2].

Розширення з колійних до суцільних проходів можливо за допомогою подовжених зарядів [1]. Для цього подовжений заряд витягують за допомогою танка на мінне поле. Під час витягування такого заряду існують умови для його некерованого вибуху, що значно підвищує небезпечність процесу розмінування. Це викликано можливістю відхилення заряду з протраленої колії, в результаті якого можливо ініціювання вибуху від міни, що розташована на не протраленій ділянці.

Таким чином, існуючи способи розширення проходів є трудомісткими та не досить надійними.

В даній роботі запропоновано спеціальне обладнання до бронетанкової техніки, що забезпечує розширення колійних проходів у мінно-вибухових загородженнях (МВЗ). На відміну від існуючих способів, за допомогою розробленого спеціального обладнання забезпечується розширення проходів за рахунок об'ємного вибуху паливно-повітряної суміші, яка формується у оболонці.

Оснащення танків спеціальним обладнанням для розширення проходів

Сутність способу розширення проходів викладено в роботі [4]. Для реалізації способу необхідно вирішити ряд задач:

1. Розгортання оболонки над ділянкою розмінування під час перетинання мінно-вибухового загородження танком, що споряджений штатними ножовими тралами типу КМТ-6.
2. Закріплення оболонки над ділянкою розмінування.
3. Заповнення оболонки паливно-повітряною сумішшю, яка формується у струмені відпрацьованих газів танка, в процесі перетинання мінно-вибухового загородження.
4. Встановлення ініціатора детонації.
5. Ініціювання об'ємного вибуху стехіометричної паливно-повітряної суміші, яка сформована у оболонці.

Розміри оболонки визначаються виходячи з енергетичних показників вибуху суміші, що зосереджується в оболонці, та необхідної довжини ділянки розмінування. Для створення суцільних проходів з використанням конденсованих вибухових речовин вага тротилу на 1 погонний метр заряду складає близько 8 кг. Для отримання рівнозначної енергії вибуху паливно-повітряної суміші на погонний метр

 © О.В. Серпухов

по відношенню до енергії, що реалізується від вибуху конденсованого шлангового заряду, необхідно створювати достатній об'єм суміші. Для розрахунку енергетичних показників вибуху різних сумішей використані довідкові дані по питомій теплоті згорання палива Q_v (табл. 1).

Таблиця 1

Питома теплота згорання палива (найнижче значення) [5]

Паливо	Q_v, кДж/кг
C_3H_8 (газ)	46400
C_2H_2 (газ)	49900
H_2 (газ)	142868
Бензин (рідина)	44000
Тротил	4222

Для проведення розрахунків приймемо умову, що формування суміші відбувається при нормальних умовах. Енергію вибуху розрахуємо, наприклад, для згорання стехіометричної суміші повітря та ацетилену згідно хімічній реакції:

$$2C_2H_2 + 5(O_2 + 4N_2) = 4CO_2 + 2H_2O + 20N_2 + Q, \quad (1)$$

де Q – енергія, що виділяється в результаті реакції.

З урахування молярної ваги ацетилену та довідкових даних табл. 1 отримуємо:

$$Q = 49900 \cdot 2 \cdot (12 \cdot 2 + 2 \cdot 1)\ 10^{-3} = 2594{,}8 \text{ кДж}.$$

Щільність повітря за прийнятих умов складає 1,29 кг/м^3 [7]. Об'ємна частка ацетилену у стехіометрічній суміші складає близько 7,4%, а масова доля складає 7%. Таким чином, щільність суміші складає: $1{,}29 \cdot (100 - 7{,}4)/(100 - 7) \approx 1{,}28$ кг/м^3, а від вибуху 1 м^3 цієї суміші виділяється хімічної енергії, що дорівнюється близько 4471 кДж, або вибуху 1,06 кг тротилу. Звідси маємо, що необхідний об'єм оболонки на 1 м ділянки розмінування згідно вищезазначених вимог для ацетилено-повітряної суміші повинен складати до 8 м^3. Якщо оболонка має круглий перетин, то її діаметр повинен досягати 3,2 м. У разі використання двох оболонок потрібно забезпечити їх діаметр близько 2,25 м. Маса ацетилену, що використовується для отримання еквівалентної енергії вибуху тротилу в 11 разів менше, ніж маса тротилу.

Вимоги до мінімального діаметру оболонки залежать від вибору типу палива (табл. 2). Витрата палива наведені по відношенню до 1 м довжини оболонки заданого діаметру.

Таблиця 2

Результати розрахунків розмірів оболонок, та інших масово-енергетичних показників у разі застосування різних палив

Паливо	Необхідний діаметр оболонки, м	Щільність паливно-повітряної суміші, кг/м^3	Витрата палива, кг/м
C_3H_8 (газ)	3,39	1,32	0,725
C_2H_2 (газ)	3,2	1,28	0,72
H_2 (газ)	3,43	0,95	0,24

Довжина мінних полів, як правило, складає до 100 м. З урахуванням даних, що наведені в табл. 2 отримаємо, що у разі використання вуглеводних палив для формування об'ємно-вибухової системи необхідно витратити не більш, ніж 75 кг палива на 100 м довжини смуги розмінування.

Розрахуємо вплив відхилення суміші від стехіометричного складу на тиск, що досягається в результаті детонації палива. Порівняння проведемо по тиску P, який досягається в продуктах згорання за рахунок зростання температури T в незмінному об'ємі, з урахуванням зміні середньої молекулярної ваги M за формулою [6]:

$$P = \frac{\rho}{M} RT, \quad (2)$$

де ρ – щільність продуктів згорання; R – універсальна газова стала.

Враховуючи те, що процес згорання розвивається в постійному об'ємі, щільність продуктів згорання відповідає щільності паливно-повітряної суміші до початку згорання (табл. 2).

Межі відхилення суміші від стехіометричного складу візьмемо згідно меж детонації паливно-повітряних сумішей (табл. 3).

Таблиця 3

Межі детонації сумішей різних палив з повітрям у необмеженому просторі[5]

Паливо	Межі детонації	
	Нижня, об.%	Верхня, об.%
C_3H_8 (газ)	3,0	7,0
C_2H_2 (газ)	5,0	45,0
H_2 (газ)	20,0	55,0

Стехіометрична реакція окислення водню у повітрі має вигляд:

$$2H_2 + O_2 + 4N_2 = 2H_2O + 4N_2 + 571{,}5 \text{ кДж}. \quad (3)$$

На нижній межі детонації ця реакція має вигляд:

$$1{,}25H_2 + O_2 + 4N_2 = 1{,}25H_2O + 0{,}375O_2 + 4N_2 + 357{,}2 \text{кДж}. \quad (4)$$

На верхній межі детонації ця реакція має вигляд:

$$6{,}1H_2 + O_2 + 4N_2 = 2H_2O + 4{,}1H_2 + 4N_2 + 571{,}5 \text{кДж}. \quad (5)$$

Відповідно, середня молекулярна вага продуктів реакції по реакції (3) дорівнюється $M_{стех} = (2 \cdot 18 + 4 \cdot 28)/6 \approx 24{,}7$ г/моль, по реакції (4) – $M_{ниж} \approx 26{,}0$ г/моль, по реакції (5) – $M_{верх} \approx 15{,}5$ г/моль.

Для розрахунку температури, що досягається в продуктах детонації, використаємо методику, що наведена в роботі [7]. Отримуємо, що в стехіометричній суміші температура продуктів вибуху дорівнює $T_{стех} \approx 3129$ К, а в інших реакціях $T_{ниж} \approx 2273$ К, $T_{верх} \approx 2129$ К.

Підставляючи отримані дані в рівняння (2), отримуємо: $P_{стех} \approx 10{,}0 \cdot 10^5$ Па, $P_{ниж} \approx 7{,}6 \cdot 10^5$ Па, $P_{верх} \approx 7{,}2 \cdot 10^5$ Па. Таким чином, в воднево-повітряній суміші на межах детонації відбувається зниження тиску не менше, ніж на 25%, що суттєво послаблює ударну дію вибуху.

Швидкість розстилання оболонки може досягати до 4 м/с. Таке значення швидкості відповідає максимально допустимій швидкості руху танка з тралом типу КМТ-6.

В якості оболонки може використовуватися поліетиленова плівка у вигляді рукава, або паперо-

вий рукав. Застосування поліетиленової плівки має перевагу у вологих кліматичних умовах, а паперового матеріалу – в умовах підвищених температур.

Необхідність закріплення оболонки обумовлена потребою її розташування по сліду танка. За рахунок закріплення створюються умови для розстилання оболонки у заданому напрямі в умовах наявності вітру. Слід враховувати, що таке закріплення потрібно здійснювати до уже розмінованої ділянки місцевості, тобто до смуг, що пророблюються тралом. Вирішення цієї задачі досягнуто за рахунок застосування двох пристроїв для встановлення знаків загородження, які використовуються на машинах хімічної розвідки. Пристрілювання штирів з пристрою для встановлення знаків огородження здійснюється по коліях танка. Сигнал для спрацювання піропатрону, який забезпечує пристрілювання, надходить від датчика спідометра через заданий інтервал.

Схема системи подавання палива представлена на рис. 1. Система працює наступним чином. Стиснений нейтральний газ з балону 1 через фільтр 2 надходить до редуктора 3. В подальшому газ зі зменшеним тиском надходить до електромагнітного клапану 4. Відкривання клапану 4 зумовлює зростання тиску у балоні 6, який заповнений рідким паливом. Відкривання гідравлічного електромагнітного клапану 7 призводить до розпилювання палива через сопло 8. Наявність зворотного клапану 5 запобігає перетіканню палива між балонами.

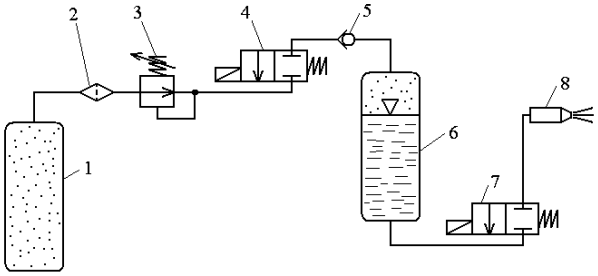

Рис. 1. Схема системи подавання палива:
1 –балон зі стисненим нейтральним газом; 2 – фільтр;
3 – редуктор; 4 – електромагнітний пневмоклапан;
5 – зворотній клапан; 6 – балон з паливною рідиною;
7 – електромагнітний гідроклапан; 8 – розпилювач

Обладнання системи розширення проходів розміщується на основному бойовому танку типа Т-64 без його конструктивних доопрацювань. До складу обладнання входить ряд вузлів (рис. 2). Балони 1, що наповнені зрідженим паливом, знаходяться в контейнері. Контейнер встановлюється замість кришки над газоходом. Цей контейнер обладнується заслінкою, яка при відкритому положенні забезпечує спрямування вихлопних газів двигуна у його внутрішню порожнину, чим досягається підігрівання палива в балонах. При закритому положенні заслінки устрій відводу відпрацьованих газів танка працює в штатному режимі. Сопло 4 обладнане розпилювачем 3 і заслінкою 5, яка спрямовує відпрацьовані гази силової установки танка в атмосферу, або на наповнення оболонки 7. У внутрішньому об'ємі сопла відбувається змішування палива, яке впорскується з розпилювача 3 під тиском, з відпрацьованими газами. Сопло 4 встановлюється на місце демонтованих штатних вихідних жалюзі. На місці штатної колоди для самовитягування встановлюється балон високого тиску 2, наповнений нейтральним газом. Оболонка 7 у ненаповненому стані розташовується в контейнері 8, якій закріплюється до задніх буксирних крюків танка.

Заповнення оболонки паливно-повітряною сумішшю, досягнуто шляхом розпилювання палива у струмені відпрацьованих газів танка. Розпилювання палива здійснюється розпилювачем 3 (рис. 2).

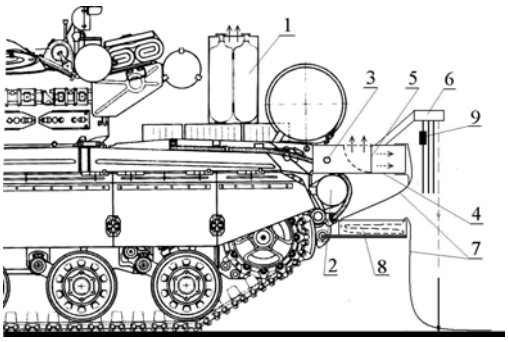

Рис. 2. Схема розміщення спеціального обладнання на танках типу Т-64. Прийняті позначення: 1 – балони з паливною рідиною; 2 – балон зі стисненим газом; 3 – розпилювач; 4 – сопло; 5 – рухома заслінка; 6 – пристрій для закріплення оболонки; 7 – гнучка оболонка; 8 – касета; 9 – ініціатор детонації

Для створення підвищеного тиску у балоні з паливом може також бути використана повітряна система танка. У цьому разі паливо, що використовується для формування суміші, повинно мати властивість вибухобезпечності в умовах високого тиску у суміші з повітрям. За рахунок застосування повітряної системи відпадає потреба в балоні зі стисненим газом. Тобто, таке використання спрощує склад спеціального обладнання, що забезпечує розширення проходу в МВЗ. Але слід враховувати показник продуктивності компресору АК-150СВ, що входить до складу повітряної системи. Величина його продуктивності складає близько 2,4 $м^3$/год. Потрібна швидкість витрати палива з балону досягає близько $2 \cdot 10^{-3}$ $м^3$/с. Витиснення палива з балону відбувається під зниженим тиском, зниження якого забезпечується редуктором. Прийнятна величина тиску лежить у діапазоні 1,0 – 2,5 МПа.

Для ініціювання детонації у паливно-повітряній суміші використовується розповсюджені конденсовані вибухові речовини, наприклад, тротил. Розміщення ініціюючого заряду 9 поряд з оболонкою досягається шляхом його закріплення до штиря на пристрої 6.

Ініціювання об'ємного вибуху здійснюється після заповнення оболонки паливно-повітряною сумішшю. Для запобігання впливу ударної дії вибуху

на спеціальне обладнання для розширення проходів передбачається припинення подавання палива перед ініціюванням вибуху. За рахунок цього в оболонці на відстані від танку виникає зона, де у відпрацьованих газах відсутнє паливо. Таким чином, вибух відбувається на віддалені від танку.

У разі застосування системи розширення проходів на танку типу Т-72 розміщення обладнання здійснюється згідно рис. 3. Контейнер з балонами 1 закріплюється до вихлопного патрубку. Сопло 4 закріплюється до вихідної решітки вентилятору.

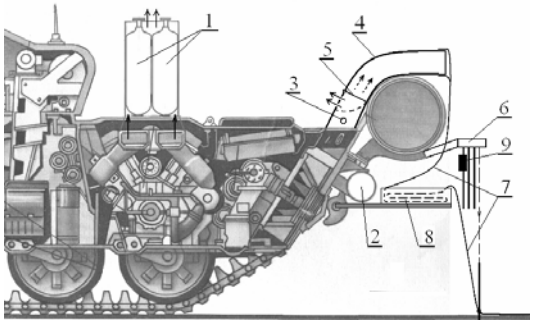

Рис. 3. Схема розміщення спеціального обладнання на танках типу Т-72. Прийняті позначення: 1 – балони з паливною рідиною; 2 – балон зі стисненим газом; 3 – розпилювач; 4 – сопло; 5 – рухома заслінка; 6 – пристрій для закріплення оболонки; 7 – гнучка оболонка; 8 – касета; 9 – ініціатор детонації

Система розширення проходів застосовується в такій послідовності: розігрівання палива в балонах; висування танка до ділянки розмінування; переведення трала з похідного положення в робоче; закріплення оболонки перед мінним полем; перетинання танком мінного поля з одночасним розстиланням оболонки; закріплення оболонки під час руху з інтервалом 5 – 8 м; встановлювання ініціатора детонації паливно-повітряної суміші; заповнення оболонки сумішшю; заповнення ділянки оболонки, яка розташована поблизу танка на відстані до 5 м, відпрацьованими газами без палива; ініціювання детонації.

Висновки

1. Застосування бронетанкової техніки зі спеціальних обладнанням для розширення проходів у мінно-вибухових загородженнях дозволяє спростити та прискорити виконання інженерної задачі по створенню суцільних проходів.

2. Застосування паливно-повітряних сумішей в якості вибухової речовини зменшує масу заряду у порівнянні з конденсованими вибуховими речовинами не менш ніж у 5 разів.

Список літератури

1. *Наставление по военно-инженерному делу для Советской Армии. – М.: Военное издательство, 1984. – 575 с.*

2. *Руководство по устройству и преодолению инженерных заграждений. – М.: Военное изд-во, 1986. – 416 с.*

3. *Калайда В.И., Серов М.Н., Конкин Ф.А. Методическое пособие по инженерной подготовке родов войск. – М.: Военное изд-во, 1968. – 344 с.*

4. *Серпухов А.В., Сиротенко А.Н., Стаховський О.В., Корытченко К.В. Технические средства разминирования минных полей взрывным способом // Механіка та машинобудування. – 2007. – № 1. – С. 48-55.*

5. *Нетлетон М. Детонация в газах: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 280 с.*

6. *Дубровский И.М., Егоров Б.В., Рябошапка К.П. Справочник по физике. – К.: Наукова думка, 1986. – 557 с.*

7. *Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М.: Физ.-мат. лит., 1959. – 800 с.*

8. *Колибернов Е.С., Корнев В.И., Сосков А.А. Справочник офицера инженерных войск. – М.: Военное изд-во, 1989. – 432 с.*

Надійшла до редколегії 15.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Болюх, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ПУТЕВЫХ ПРОХОДОВ В МИННО-ВЗРЫВНЫХ ЗАГРАЖДЕНИЯХ

Серпухов А.В.

Рассмотрен вопрос расширения колейных проходов в минно-взрывных заграждениях с использованием бронетанковой техники. В отличии от существующих способов, предложено оснащение танков специальным оборудованием, обеспечивающим разминированием за счет объёмного взрыва. Создание топливовоздушной смеси происходит путём распыления топлива в струе отработанных газов силовой установки танка. Приведены результаты расчетов массово-энергетических показателей в случае применения различных топлив. Предложено размещение оборудования на танках типа Т-64 и Т-72 без их конструктивных доработок. Разработанная методика применения танка со специальным оборудованием упрощает процесс разминирования и повышает защищенность личного состава.

Ключевые слова: *разминирования, бронеобъект, объёмный взрыв.*

SPECIAL EQUIPMENT FOR A ARMORED TECHNIQUE FOR EXPANSION OF THE GROUND PASSAGE-WAYS IN MINE-EXPLOSIVE BARRAGES

Serpuhov A.V.

The question of increasing of road into the mine-explosive barrages by the use of armored vehicles is considered. The equipment of tanks is offered by the special equipment providing mine clearing by volume explosion that differs from existent methods. Creation of fuel-air mixture takes place by dispersion of fuel in the stream of exhaust gases of power-plant of tank. The results of calculations of mass-power indexes in the case of application of different fuels are resulted. Placing of equipment on the tanks of the type T-64 and T-72 without their structural revisions is offered. The developed method of application of tank with the special equipment simplifies the process of the mine clearing and promotes protected of personnel.

Keywords: *demining, armored vehicle, volume explosion.*