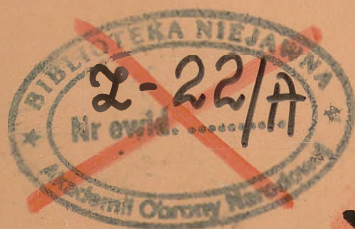




**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE



ZASTRZEŻONE

Egz. nr 1



Pptk dr Michał KRAUZE
Pptk dr Ireneusz NOWAK
Pptk dr hab. Jan PIĘTA

**ŁADUNKI PALIOWO-POWIETRZNE
I ICH WYKORZYSTANIE
W DZIAŁANIACH BOJOWYCH**

PRACA STUDYJNA



60662

WARSZAWA MARZEC 1982

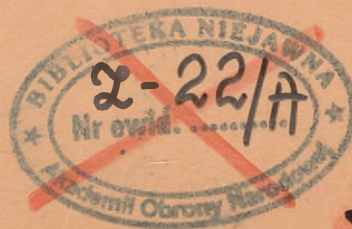




AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE



~~ZASTRZEŻONE~~

Egz. nr 1



Ppłk dr Michał KRAUZE
Ppłk dr Ireneusz NOWAK
Ppłk dr hab. Jan PIĘTA

ŁADUNKI PALIWOWO-POWIETRZNE
I ICH WYKORZYSTANIE
W DZIAŁANIACH BOJOWYCH

PRACA STUDYJNA



60662

21

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA TAKTYKI WOJSK CHEMICZNYCH

JAWNE

150306 Anna KOLEK
Podsł. prot. prot. Nr uch 648
20/4. 2002 2006

~~ZASTRZEŻONE~~

~~POUFNE~~

Egz.Nr. 1..



ppłk dr Michał KRAUZE
ppłk dr Ireneusz NOWAK
ppłk dr hab. Jan PIĘTA

Andrzej

ŁADUNKI PALIWOWO-POWIETRZNE I ICH WYKORZYSTANIE II
W DZIAŁANIACH BOJOWYCH



Praca studyjna

~~Przełosejki, Lucjan
na. ZASTRZEŻONE
27.01.2003
ppłk K. Wierucki~~

SPIS TREŚCI

	Str.
W S T Ę P	4
1. CHARAKTERYSTYKA PALIWOWO-POWIETRZNYCH MIESZANIN WYBUCHOWYCH I TECHNIKI ICH WYKORZYSTANIA.....	7
1.1. Charakterystyka paliwowo-powietrznych mieszanin wybuchowych.....	7
1.2. Budowa i działanie ładunków paliwowo-powie- trzných.....	12
1.3. Charakterystyka wybuchu ładunku paliwowo- powietrznego i jego czynników rażenia.....	19
2. OCENA PORÓWNAWCZA EFEKTYWNOŚCI UŻYCIA ŁADUNKÓW PALIWOWO-POWIETRZNYCH I INNYCH ŚRODKÓW RAŻENIA....	24
2.1. Ocena porównawcza efektywności użycia ła- dunków paliwowo-powietrznych na tle efektyw- ności konwencjonalnych środków rażenia.....	25'
2.2. Ocena porównawcza efektywności użycia ładun- ków paliwowo-powietrznych i ładunków jądro- wych bardzo małej mocy.....	36
2.3. Ocena porównawcza efektywności, użycia ła- dunków paliwowo-powietrznych i środków dotychczas wykorzystywanych do wykonywania przejsć w polach minowych.....	39
2.4. Ocena efektywności rażenia poszczególnych obiektów ładunkami paliwowo-powietrznymi.....	47
2.5. Wnioski	55
3. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ŁADUNKÓW PALIWOWO- POWIETRZNYCH W DZIAŁANIACH BOJOWYCH.....	57
3.1. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo- powietrznych w działaniach zaczepnych.....	59

3.2. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach obronnych.....	64
3.3. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach desantowych.....	66
3.4. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach powietrzno-desantowych.....	67
3.5. Wnioski.....	69
4. WNIOSKI OGÓLNE	70
ZAŁĄCZNIKI	
1. Charakterystyka ładunków paliwo-powietrznych stosowanych przez siły powietrzne armii USA...	76
2. Charakterystyka ładunków paliwowo-powietrznych stosowanych przez wojska lądowe USA.....	78
3. Charakterystyka amerykańskich programów rozwoju ładunków paliwowo-powietrznych.....	82
BIBLIOGRAFIA	85

W S T Ę P

Nasi potencjalni przeciwnicy - armie NATO - w swoim arsenale środków rażenia posiadają amunicję paliwowo-powietrzną. Pod tym pojęciem należy rozumieć taką amunicję, którą w czasie wybuchu wytwarza mieszaninę paliwowo-powietrzną, będącą przestrzennym układem dwufazowym, złożonym ze związków organicznych /paliwo/ i powietrza. Mieszaniny paliwowo-powietrzne w stężeniach zawartych między dolną a górną granicą wybuchowości podlegają spalaniu detonacyjnemu. W rezultacie tego procesu powstaje fala detonacyjna, która może razić ludzi, sprzęt oraz niszczyć obiekty.

W Stanach Zjednoczonych prace nad ładunkami paliwowo-powietrznymi rozpoczęto w latach 60-tych. Ich efektem było wyprodukowanie pierwszych bomb paliwowo-powietrznych typu BLU-73B. Wkrótce też w wyposażeniu sił powietrznych pojawiły się kasety CBU-55, wypełnione ładunkami paliwowo-powietrznymi. Obydwa rodzaje amunicji od 1967 roku używano w Wietnamie, głównie do rozminowania i oczyszczania z roślinności lądowisk dla śmigłowców. Rezultaty użycia nowego rodzaju amunicji były pomyślne^x. Nic więc dziwnego, że kontynuowane prace mające na celu doskonalenie amunicji paliwowo-powietrznej. W latach 70-tych w wyposażeniu armii amerykańskiej pojawiła się druga generacja bomb paliwowo-powietrznych typu BLU-76 i CBU-72. Wojska lądowe otrzymały pierwsze doświadczalne egzemplarze ładunków paliwowo-powietrznych przeznaczonych do wykonywania przejść w zaporach minowych. Skonstruowano specjalne wyrzutnie raketowe przeznaczone do wyrzucania ładunków paliwowo-powietrznych na pola minowe

x Przy pomocy jednego ładunku oczyszczano powierzchnie lądowiska o średnicy 30 m nawet w bardzo gęstej dżungli.

przeciwnika. Rakiety system rozminowania SLUFAB przeszedł pomyslnie próby i od 1980 roku jest wprowadzany do wyposażenia wojsk USA i niektórych ich partnerów z NATO.

W armii USA już w 1975 roku zakończono prace badawcze i wdrożono do praktyki śmigłowcowy system rozminowania FAESHED. W systemie tym wykorzystuje się tabelaryczne bomby paliwowo-powietrzne CBU-55B znajdujące się w wyposażeniu sił powietrznych.

Śmigłowiec UH-1H przy pomocy bomb wypełniających dwie kasety może wykonać przejście w przeciwczołgowym polu minowym o szerokości 8-10 m i głębokości 100 m.

Siły lądowe USA prowadzą prace badawcze nad czołgowym systemem rozminowania LANDFAB. W ramach tych prac próbuje się wykorzystać do rozminowania ładunki paliwowo-powietrzne wystrzeliwane z czołgu.

Siły powietrzne prowadzą doświadczenia z bombami paliwowo-powietrznymi trzeciej generacji. Są to niekierowana 500 funtowa bomba ślizgowa GSF-1 /o wadze 227 kg/ i 2000 funtowa bomba kierowana HSF /o wadze 900 kg/.

Siły morskie USA prowadzą badania mające na celu ustalenie możliwości zastosowania ładunków paliwowo-powietrznych w torpedach morskich.

Z podanych przykładów wynika, że specjaliści amerykańscy realizują szeroko zakrojony program badań, który ma doprowadzić do skonstruowania doskonalszych niż dotąd ładunków paliwowo-powietrznych i wyposażenia w nie sił zbrojnych USA.

W tej sytuacji należałoby odpowiedzieć na szereg nasuwających się pytań: skąd wynika tak szerokie zainteresowanie specjalistów amerykańskich ładunkami paliwowo-powietrznymi? Jakie są

właściwości rażące tych ładunków? W jakich rodzajach działań i sytuacjach ładunki paliwowo-powietrzne mogą znaleźć zastosowanie? Odpowiedzi na powyższe pytania autorzy zamierzają udzielić w niniejszej pracy studyjnej.

Celem pracy jest dokonanie, w oparciu o zebrane materiały teoretyczne, oceny efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych do rażenia ludzi, sprzętu i obiektów oraz przedstawienie możliwości ich użycia w ewentualnych przyszłych działaniach bojowych.

Praca składa się z trzech rozdziałów. W rozdziale pierwszym scharakteryzowano paliwowo-powietrzne mieszaniny wybuchowe, przedstawiono budowę ładunków paliwowo-powietrznych oraz omówiono czynniki rażenia powstające w momencie wybuchu.

W rozdziale drugim dokonano oceny porównawczej efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych w stosunku do bomb konwencjonalnych i ładunków jądrowych małej mocy. Przedstawiono również ocenę porównawczą efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych do wykonywania przejść w polach minowych z innymi środkami używanymi do tego celu.

W rozdziale trzecim omówiono możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach zaczepnych, obronnych, desantowych i powietrzno-desantowych.

W toku opracowywania niniejszej pracy studyjnej wykorzystano dostępną literaturę w języku polskim, rosyjskim i angielskim oraz materiały z narady naukowo-technicznej, która odbyła się w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii w 1980 roku.

1. CHARAKTERYSTYKA PALIWOVO-POWIEPRZNYCH MIESZANIN WYBUCHOWYCH I TECHNIKI ICH WYKORZYSTANIA

1.1. Charakterystyka paliwowo-powietrznych mieszanin wybuchowych

Paliwowo-powietrzne mieszaniny wybuchowe tworzą się w wyniku zmieszania paliwa gazowego z tlenem atmosferycznym. Przy odpowiednim stężeniu paliwa w powietrzu, pod wpływem impulsu, następuje detonacja takiej mieszaniny.

Paliwa używane jako składniki mieszanin paliwowo-powietrznych muszą charakteryzować się odpowiednimi właściwościami fizyko-chemicznymi i wybuchowymi. Do tych właściwości można zaliczyć:

- wysokoenergetyczność;
- dużą szybkość tworzenia mieszaniny paliwowo-powietrznej;
- niską toksyczność;
- bezpieczeństwo w czasie elaboracji, przechowywania i transportu.

Najwięcej energii wydziela się w czasie spalania wodoru. Obliczono bowiem, że w czasie spalania 1 kg wodoru wydziela się energia równoważna ciepłu wybuchu 21,7 - 33,9 kg^x materiałów wybuchowych obecnie stosowanych. Wodór jednakże, ze względu na jego parametry fizyko-chemiczne, nie znalazł dotąd zastosowania jako źródło energii. Główną przeszkodą jest jego znikoma gęstość oraz niska temperatura wrzenia /-252,8°C/. W toku poszukiwań substancji wysokoenergetycznych zrócono uwagę na związki

x Patrz "Jasiński Włodzimierz" Analiza celowości i możliwości opracowania oraz zastosowania broni typu FAE w Wojsku Polskim, Biuletyn WICHIR, sygn. WICHIR wewn. 361/80 str. 65

zawierające duże ilości wodoru. Okazało się, że węglowodory i ich pochodne, przedstawione w tabeli nr 1, są substancjami wysokoenergetycznymi dającymi w czasie spalania 4,3 - 13,1 razy więcej energii niż ilość energii wydzielająca się w toku spalania w takiej samej ilości tradycyjnego materiału wybuchowego.

Substancje wymienione w tabeli nr 1 charakteryzują się różną gęstością, temperaturą i ciśnieniem krytycznym, mają zróżnicowane granice wybuchowości, różne temperatury zapłonu i ciepła spalania. Niektóre z tych parametrów wywierają istotny wpływ na właściwości mieszanin paliwowo-powietrznych.

Na przykład gęstość par decyduje o tym, czy wytworzony obłok mieszaniny paliwowo-powietrznej unosi się do góry, czy też utrzymuje przy powierzchni ziemi. Aby wybuchowe mieszaniny gazowe tworzyły obłok przylegający do powierzchni gruntu, muszą zawierać substancję gazową /paliwo/ cięższą od powietrza. Wymagania te spełniają wszystkie substancje wymienione w tabeli oprócz metanu i acetylenu.

Każda mieszanina substancji palnej z powietrzem ma tzw. górną i dolną stężeniową granicę wybuchowości. Przy zbyt małej zawartości paliwa /poniżej dolnej granicy wybuchowości/ proces wybuchowy w powietrzu nie może przebiegać z powodu zbyt niskich parametrów energetycznych mieszaniny. Z kolei, gdy w powietrzu jest zbyt dużo paliwa /powyżej górnej granicy wybuchowości/ mieszanina posiada za mało tlenu potrzebnego do spalania paliwa i detonacja również nie przebiega. Z tego względu najlepsze są mieszniny o możliwie najszerszym zakresie granic wybuchowości. Wtedy, nawet w przypadkach niezbyt dokładnego wymieszania paliwa z powietrzem, następuje prawie pełna detonacja w całym obłoku.

Właściwości fizyko-chemiczne i wybuchowe węglowodorów i ich pochodnych
stosowanych w municyjacji paliwowo-powietrznej

Lp.	Nazwa substancji	Gęstość cieczy kg/m ³	Gęstość pary kg/m ³	Temperatura wrzenia °C	Temperatura krytyczna °C	Ciśnienie krytyczne MPa	Granice wybuchowości % obj.		Skład mieszaniny stechiometrycznej % obj.	Temperatura zapłonu °C	Ciepło spalania MJ/kg
							dolna	górna			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Metan	162	0,717	-161,5	-82,5	4,49	5,0	15,0	9,5	632	99,12
2.	Etan	210	1,356	-88,6	+32,1	4,79	3,0	14,0	5,6	472	92,64
3.	Propan	226	2,02	-42,2	96,8	4,12	2,1	10,1	4,86	481	89,88
4.	Butan	225	2,703	+0,5	152,0	3,38	1,86	8,4	3,0	441	88,43
5.	Pentan	232	3,46	36,1	197,2	3,24	1,4	7,8	2,38	275	87,00
6.	Tlenek etylenu	897	1,83	10,8	192	-	3,0	100,0	8,26	-50	44,00
7.	Tlenek propylenu	826	2,58	34,2	-	-	2,1	21,5	5,9	-37,2	62,01
8.	Acetylen	231	1,171	-83,4	35,7	6,04	2,3	82	7,68	305	89,64

Źródło: Jasiński Włodzimierz, Analiza celowości i możliwości opracowania oraz zastosowania broni typu FAE w Wojsku Polskim, artykuł opublikowany w Biuletynie Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii, sygn. WICHiR 361/80.

Wytworzenie w przestrzeni otwartej nieorganicznego obłoku homogenicznego w całej swej objętości o składzie stechiometrycznym jest wręcz niemożliwe. Obłok o składzie stechiometrycznym jest bowiem modelem idealnym. Faktycznie będzie można otrzymać obłok o stężeniu paliwa najwyższym wewnątrz, a najniższym na jego powierzchni. W takim przypadku zainicjowanie wybuchu obłoku powinno nastąpić wówczas, kiedy stężenie wewnątrz, będzie niższe od górnej granicy wybuchowości, a na jego powierzchni będzie wyższe od dolnej granicy wybuchowości. Na rozwijanie się obłoków ma wpływ rodzaj paliwa, a szczególnie defuzja gazów w kierunku dolnej granicy wybuchowości, gęstość gazów, temperatura wrzenia i ciepło parowania paliwa, turbulencja z obłoku itp.

Paliwo powinno mieć możliwie niską temperaturę wrzenia - wówczas obłok aerozolowy tworzy się zarówno przy temperaturach dodatnich, jak i ujemnych. Umożliwia to użycie ładunków paliwowo-powietrznych zarówno latem, jak i zimą.

Istotnym parametrem mieszanin paliwowo-powietrznych jest ciepło spalania. Przy tej samej gęstości zdyspergowanej mieszaniny, paliwo o wyższej kaloryczności daje lepsze parametry detonacyjne. Ciepło spalania podane w tabeli nr 1 otrzymuje się przez spalanie całkowite paliwa. Produktem całkowitego spalania się węglowodorów są woda i dwutlenek węgla. Spalanie takie jest możliwe wówczas, kiedy mamy do czynienia z mieszaniną stechiometryczną. Dlatego też w rzeczywistości ciepło wybuchu tych mieszanin jest zazwyczaj mniejsze niż ciepło spalania.

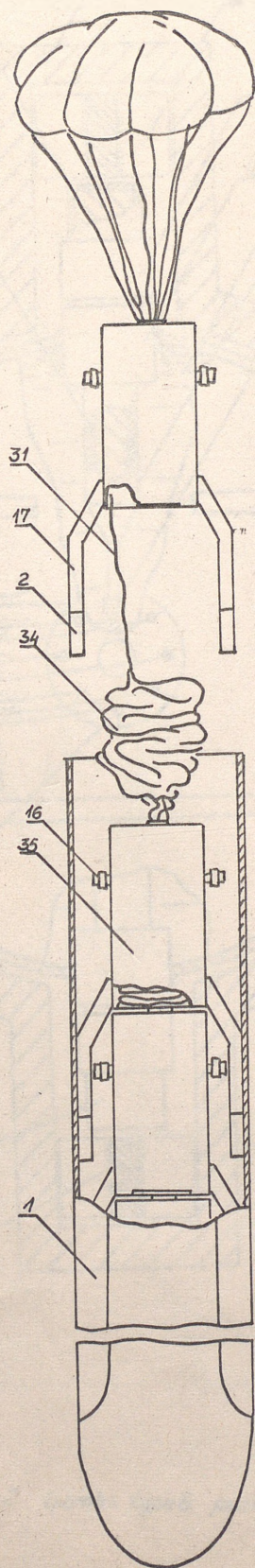
Szybkość reakcji cząstek mieszanin gazowych zależy głównie od temperatury i ciśnienia. Wysokie ciśnienie przy dostatecznej zawartości tlenu w mieszaninie węglowodorów nasyconych lub nie-nasyconych preferuje reakcję spalania całkowitego. Podobnie

działa wzrost temperatury.

Poszczególne substancje wymienione w tabeli nr 1 mają zróżnicowane parametry fizyczne i wybuchowe. Mają one w związku z tym określone zalety i wady. Dlatego też w amunicji paliwowo-powietrznej często stosowane są mieszaniny wymienionych substancji dobranych tak, aby wada jednego składnika była rekompensowana zaletami drugiego.

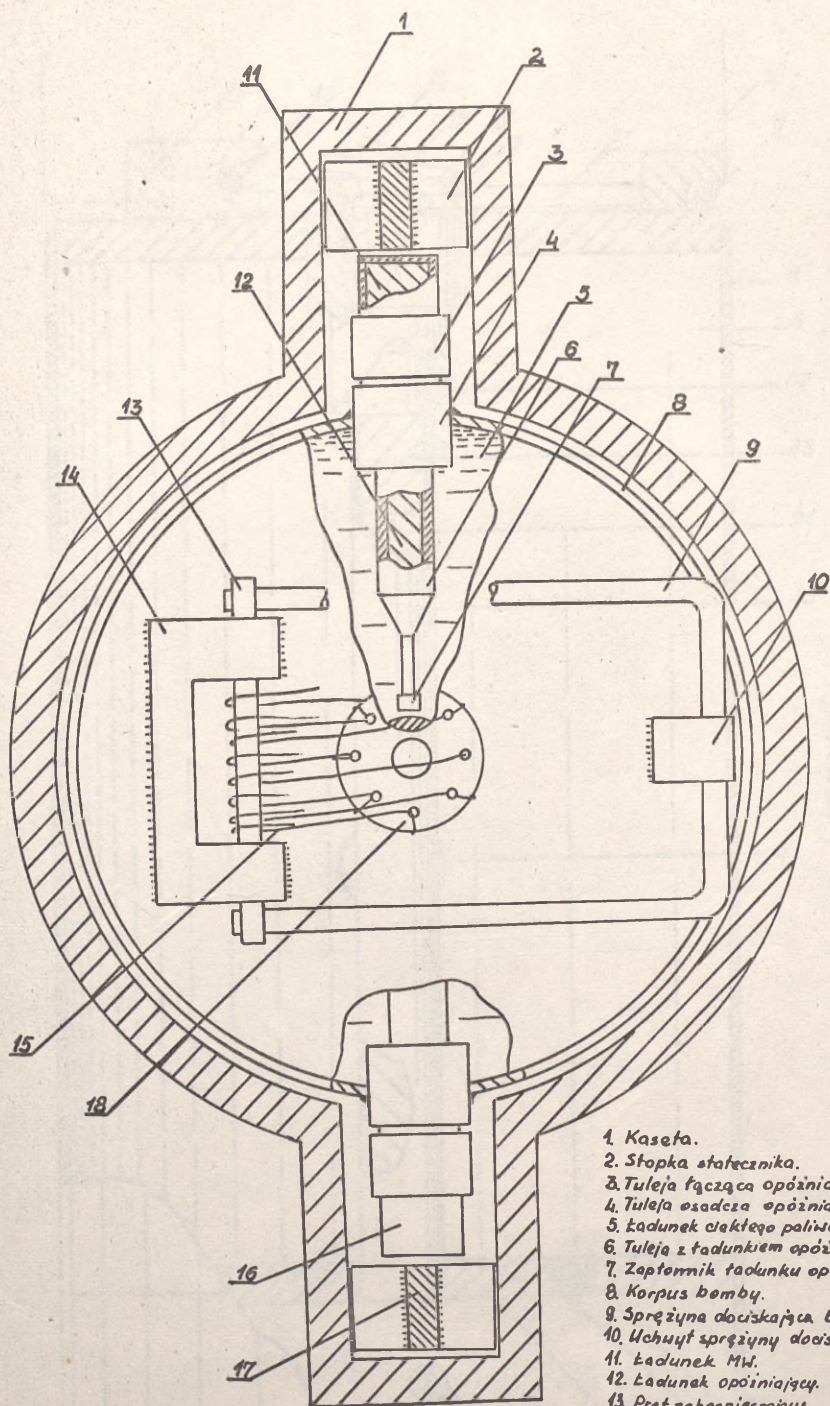
1.2. Budowa i działanie ładunków paliwowo-powietrznych

Budowę i zasady działania amunicji paliwowo-powietrznej przedstawiono na rysunku 1-3. Na rysunku 1 pokazano budowę kasety zawierającej ładunki paliwowo-powietrzne. Składa się ona z pojemnika /1/ zaopatrzonego w odpowiedni mechanizm otwierający oraz szeregu mniejszych pojemników /35/ zawierających ładunki napełnione ciekłym tlenkiem etylenu. Budowę pojemników napełnionych tlenkiem etylenu przedstawiono na rysunku 2 i 3. Każdy z pojemników składa się z metalowej cylindrycznej rury /8/ zamkniętej parą pokryw /21/ i /33/. Boczne ściany pojemników /w celu ułatwienia fragmentacji/są pokryte pionowymi nacięciami /33/. W pokrywie górnej /21/ znajduje się tuleja osadcza /19/ służąca do umieszczenia zapalnika i umocowania ładunku materiału wybuchowego. W tuleję jest wkręcony króciec zapalnika /18/ służący do połączenia zapalnika /i całego pojemnika/ ze spadochronem stabilizującym. Wewnątrz tulei znajduje się ruchomy zbijak /20/ o działaniu bezwładnościowym uruchamiający zapłonnik zapalnika /22/. Ponadto na górnej pokrywie /21/ znajduje się urządzenie zabezpieczające, składające się z pręta zabezpieczającego /13/, sprężyny dociskowej /9/ oraz uchwytów /10/ i /14/. Pośrodku pojemnika /35/ umieszczono w osłonie /25/ ładunek kruszącego materiału wybuchowego /24/ i detonator /23/. Górnym końcem osłona jest umieszczona w tulei osadczej zapalnika /19/, a dolnym - w otworze dolnej pokrywy /33/ pojemnika. Dolna pokrywa /33/ pojemnika jest umieszczona w ściankach bocznych w ten sposób, że dzieli pojemnik na dwie części: górną - przeznaczoną do pomieszczenia ładunku spadochronu stabilizującego /34/ wraz z linkami /15/ i linką wyciągającą /31/ sąsiedniego pojemnika.



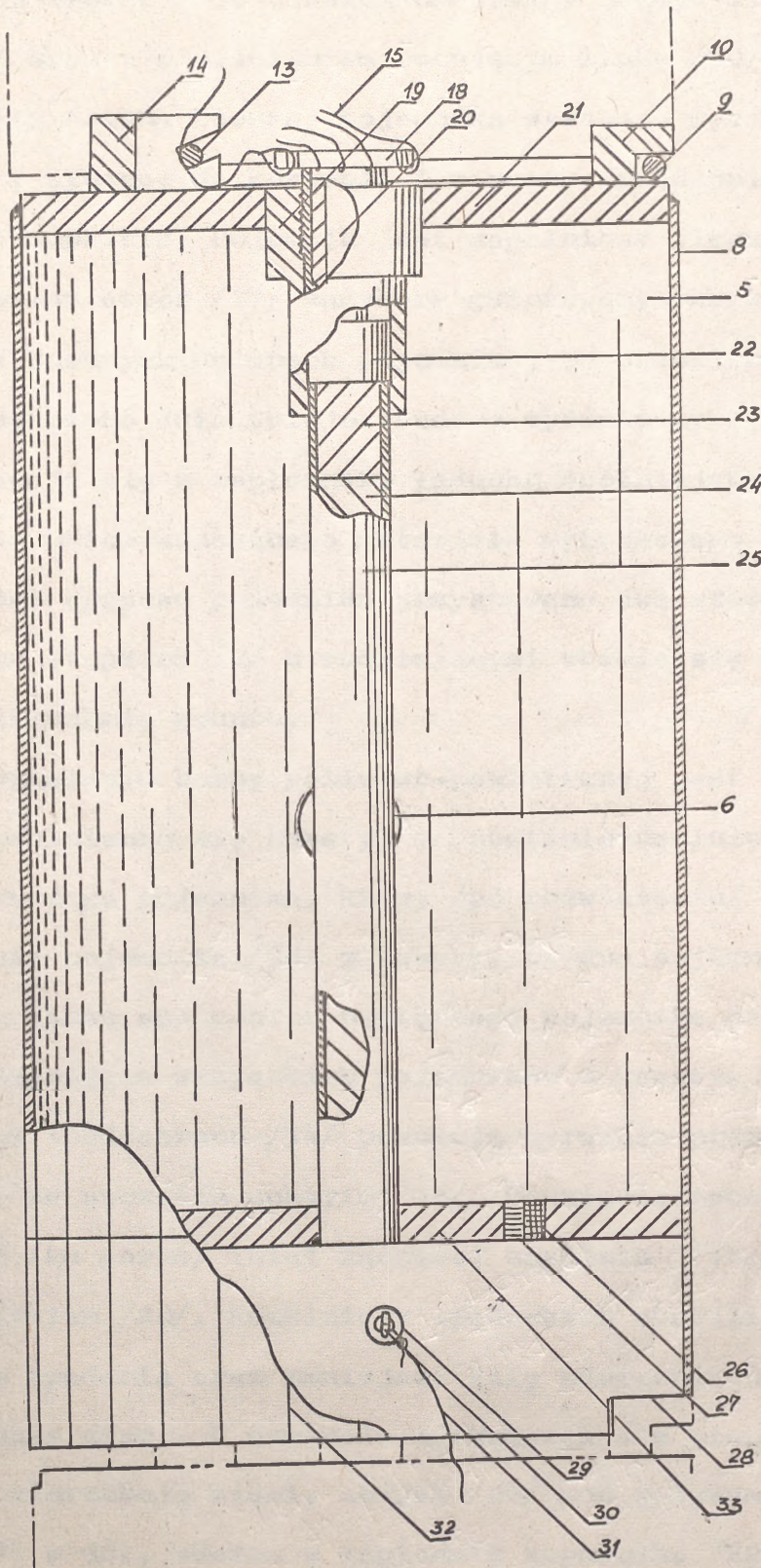
Rys Nr 1 Paliwo powietrzna bomba kasetowa.

- 1. Pojemnik /kasetki/.
- 2. Stopka statecznika.
- 16. Detonator opóźniacza.
- 17. Statecznik.
- 31. Linka wyciągająca spadochronu.
- 34. Spadochron.
- 35. Bomba typu B.



1. Kasetka.
2. Stopka statecznika.
3. Tuleja łącząca opóźniacza.
4. Tuleja osadczą opóźniacza.
5. Ładunek ciekłego paliwa.
6. Tuleja z ładunkiem opóźniającym.
7. Zapłonnik ładunku opóźniającego.
8. Korpus bomby.
9. Sprężyna dociskająca bezpiecznika.
10. Uchwyty sprężyny dociskającej.
11. Ładunek MW.
12. Ładunek opóźniający.
13. Pręt zabezpieczający.
14. Uchwyt pręta zabezpieczającego.
15. Linki spadochromu.
16. Defonator opóźniacza.
17. Statecznik.
18. Tuleja łącząca zapalnika.

Rys Nr2 Bomba typu B, przekrój poziomy.



- 5. Ładunek ciekłego paliwa.
- 6. Tuleja z ładunkiem opóźniającym.
- 8. Korpus bomby.
- 9. Sprężyna dociskająca bezpiecznika.
- 10. Uchwyt sprężyny dociskającej.
- 13. Pręt zabezpieczający.
- 14. Uchwyt pręta zabezpieczającego.
- 15. Linki spadochronu.
- 18. Tuleja łącząca zapalnika.
- 19. Tuleja osadczą zapalnika.
- 20. Ruchomy zbijak.
- 21. Górna pokrywa zamykająca.
- 22. Zapłonnik zapalnika.
- 23. Defonator zapalnika.
- 24. Ładunek materiału wybuchowego.
- 25. Osłona materiału wybuchowego.
- 28. Otwór do napełniania.
- 27. Korek zamykający.
- 28. Wycięcie w korpusie.
- 29. Uchwyt linki wyciągającej.
- 30. Pierścień uchwytu.
- 31. Linki wyciągające spadochron.
- 32. Nacięcia na korpusie.
- 33. Dolna pokrywa zamykająca.

Rys Nr 3 Bomba typu B, przekrój pionowy.

W tej części jest również umocowany uchwyt linki wyciągającej /29/ wraz z pierścieniem mocującym linkę /30/. W dolnej części ściany bocznej pojemnika wykonano wycięcie szczelinowe /28/, służące do kontroli i montażu urządzenia zabezpieczającego zapalnik. Pojemnik jest napełniony tlenkiem etylenu /poprzez otwór /27/ zamykany gwintowanym korkiem /26/ /.

W bocznych ścianach pojemnika, po przeciwnych stronach, umieszczono dwie tuleje osadcze opóźniaczy /14/. Opóźniacze składają się z zapłonika ładunku opóźniającego /7/ i tulei /6/ z ładunkiem kruszącego materiału wybuchowego /11/. W dolnej części korpusu pojemnika przyspawano dwa stateczniki /17/ zakończone stopkami /2/ utrudniającymi wbicie się stateczników w powierzchnię gruntu.

Działanie bomby paliwowo-powietrznej jest następujące: po uwolnieniu się kasety /1/ zostanie uwolniony spadochron /34/ pierwszego pojemnika, który /po rozwinięciu/ spowoduje wyciągnięcie pojemnika /35/ z kasety. Do dna pojemnika jest przymocowany linką spadochron następnego pojemnika itd. Zabezpiecza to wyciągnięcie wszystkich pojemników z kasety. Naprężające się linki spadochronu /34/ powodują wyrwanie pręta zabezpieczającego /13/ ze szczelin uchwytu /14/. Usunięcie zabezpieczenia umożliwia ruch /ku górze/ tulei łączącej zapalnik /18/ wraz z ruchomym zbijakiem /20/. Rozwinięty spadochron stabilizuje pojemnik podczas opadania oraz zmniejsza siłę uderzenia pojemnika o powierzchnię ziemi. W momencie zetknięcia się stopki statecznika /2/ z powierzchnią ziemi, zbijak /20/ pod wpływem siły ciężkości opada w dół, uderza w zapłonnik zapalnika /22/ i uruchamia zapłonnik. Zapłonnik /22/ powoduje zadziałanie detonatora /23/,

a ten z kolei - detonację kruszącego materiału wybuchowego /24/. Powstająca fala detonacyjna powoduje rozerwanie ścian bocznych /8/ pojemnika w miejscach nacięć /32/, rozdrobnienie i częściowe odparowanie ładunku tlenu etylenu /5/ oraz wymieszanie go z powietrzem otaczającym pojemnik. W rezultacie powstaje obłok paliwowo-powietrzny w kształcie zbliżonym do półkuli. Proces ten trwa w przybliżeniu około 40 milisekund. Fala uderzeniowa powstająca w momencie wybuchu ładunku materiału wybuchowego /24/, powoduje również zadziałanie zapłonników ładunków opóźniających /7/. Zapłonniki /7/ powodują zapalenie się ładunku opóźniającego /12/, a ten z kolei zadziałanie detonatora /16/. Wybuch detonatorów /16/ następujący po czasie wynoszącym w przybliżeniu 40 milisekund, wywołuje detonację uformowanego obłoku paliwowo-powietrznego.

Podobnie zbudowane są i działają również ładunki paliwowo-powietrzne występujące w postaci bomb lotniczych i pocisków raketowych. Mogą one jedynie zawierać inne rodzaje paliwa i różnić się szczegółami konstrukcyjnymi.

Rozmiary utworzonego obłoku paliwowo-powietrznego są uzależnione od ilości paliwa zawartego w pojemniku. Zależność tę ilustruje tabela nr 2.

Zależność między wielkością obłoku paliwowo-powietrznego
i ilością użytego paliwa

Lp.	Nazwa paliwa	Wymiary półkuli obłoku mieszaniny paliwowo-powietrznej utworzonej z						Równoważnik energetyczny wyrażony w TNT /trotylu/	Ilość /heksogen/	Równoważnik energii uderzeniowej powstałej po wybuchu /TNT/		
		5 kg paliwa $V /w m^3/$	$R D /w m/$	34 kg paliwa $V /w m^3/$	R $/w m/$	100 kg paliwa $V /w m^3/$	R $/w m/$				300 kg paliwa $V /w m^3/$	R $/w m/$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Metan	73,6	6,55	500,3	12,41	1471,6	17,78	4414	25,6	13,13	10,05	52-9,7
2.	Etan	65,8	6,31	447,7	11,96	1316,9	17,14	3950	24,7	12,27	9,39	4,9-9,0
3.	Propan	50,9	5,80	396,3	10,98	1018,6	15,73	3050	22,7	11,91	9,11	4,7-8,8
4.	Butan	61,7	6,18	419,3	11,70	1233,2	16,77	3699	24,2	11,71	8,96	4,7-8,6
5.	Pentan	60,8	6,15	413,2	11,64	1215,4	16,69	3646	24,1	11,52	8,82	4,7-8,5
6.	Tlenek etylenu	33,1	5,02	224,9	9,52	661,6	13,62	1984	19,6	6,79	5,19	2,7-5,0
7.	Tlenek propylenu	38,8	5,35	263,6	10,02	775,2	14,36	2325	20,7	8,21	6,28	3,3-6,1
8.	Acetylen	55,6	5,97	378,1	11,31	1112,0	16,20	3336	23,4	11,87	9,08	4,7-8,7
	Srednio	-	6	-	11	-	16	-	25	-	-	-

Źródło: Paliwowo-powietrzne mieszaniny wybuchowe i technika ich wykorzystania, wyd. WICHIR 1980 r.s.69

1,3. Charakterystyka wybuchu ładunku paliwowo-
powietrznego i jego czynników rażenia

Po wytworzeniu obłoku paliwowo-powietrznego w wyniku działania zapłonników następuje jego detonacja. Efekt detonacji obłoku paliwowo-powietrznego zależy od następujących czynników:

- wymiaru, rodzaju i lokalizacji obłoku;
- rodzaju paliwa;
- dyspersji obłoku;
- skłonności do palności i detonacji mieszaniny paliwowo-powietrznej;
- właściwości źródła zapłonu;
- energii zapłonu;
- warunków atmosferycznych /prędkość wiatru, temperatura powietrza/;

Nadciśnienie wytworzone na granicy obłoku wynosi ponad 20 kg/cm^2 . Dalej poza obłok detonacji rozprzestrzenia się fala uderzeniowa, w której wartość nadciśnienia w miarę wzrostu odległości od wybuchu maleje dość łagodnie. Zmianę nadciśnienia fali uderzeniowej w miarę wzrostu odległości od środka obłoku gazowego można ocenić /z dużym przybliżeniem/ przy pomocy wzoru:

$$\Delta p \cdot R^3 = \Delta p_0 \cdot R_0^3 \quad /1/$$

gdzie:

- Δp - nadciśnienie szukane;
- Δp_0 - nadciśnienie na granicy obłoku / 20 kg/cm^2 /
- R - promień rażenia obiektu odpowiadający nadciśnieniu Δp ;
- R_0 - promień obłoku gazowego.

Po przekształceniu wzoru /1/ otrzymuje się:

$$R = R_0 \sqrt[3]{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \quad /2/$$

Na podstawie wzoru /2/ i danych zawartych w tabeli nr 2 określono promienie rażenia obiektów odpowiadające przyjętemu nadciśnieniu Δp w rejonie wybuchu ładunku paliwowo-powietrznego, w zależności od promienia obłoku gazowego R_0 . Ponieważ promień obłoku paliwowo-powietrznego R_0 jest proporcjonalny do masy paliwa /tabela 2/ promienie R rażenia obiektów odpowiadające przyjętemu nadciśnieniu p są również proporcjonalne do tej wielkości^{x/}. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli nr 3.

x Związek pomiędzy masą paliwa i odległością od środka obłoku gazowego o żądanej wartości nadciśnienia można także określić w sposób analityczny; wykorzystując następujące zależności:

- objętość półkuli obłoku gazowego wynosi:

$$V_{0,5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi R_0^3 \quad /3/$$

- podstawiając do równania /3/ promień R_0 z równania /2/ otrzymujemy:

$$V_{0,5} = \frac{2}{3} \pi \frac{\Delta p}{\Delta p_0} R^3 \quad /4/$$

- objętość obłoku gazowego jest związana z masą paliwa równaniem liniowym:

$$V_{0,5} = C_1 \cdot m \quad /5/$$

- po porównaniu prawych stron równań /3/ i /4/ oraz przekształceniu i zlogarytmowaniu otrzymujemy ostatecznie:

$$R = \frac{1}{3} \log m + C \quad /6/$$

gdzie: $C = -\log \frac{3C_1 \Delta p_0}{2 \Delta p}$

R - odległość od środka obłoku gazowego do granicy, na której nadciśnienie wynosi p ;

C_1 - stały współczynnik proporcjonalności;

Δp_0 - nadciśnienie na granicy obłoku paliwowo-powietrznego /20 kg/cm²/.

Zauważamy, że jeżeli na osiach współrzędnych przyjmujemy skalę logarytmiczną, to równanie /6/ będzie równaniem typu $y = ax + b$, którego wykresem jest linia prosta.

Przy pomocy podanych wyżej zależności i na podstawie danych przedstawionych w tabeli nr 3 sporządzone zostały wykresy promieni rażenia ludzi i zniszczeń sprzętu, oraz różnych obiektów ładunkami paliwowo-powietrznymi jako funkcje masy paliwa zawartej w tych ładunkach.

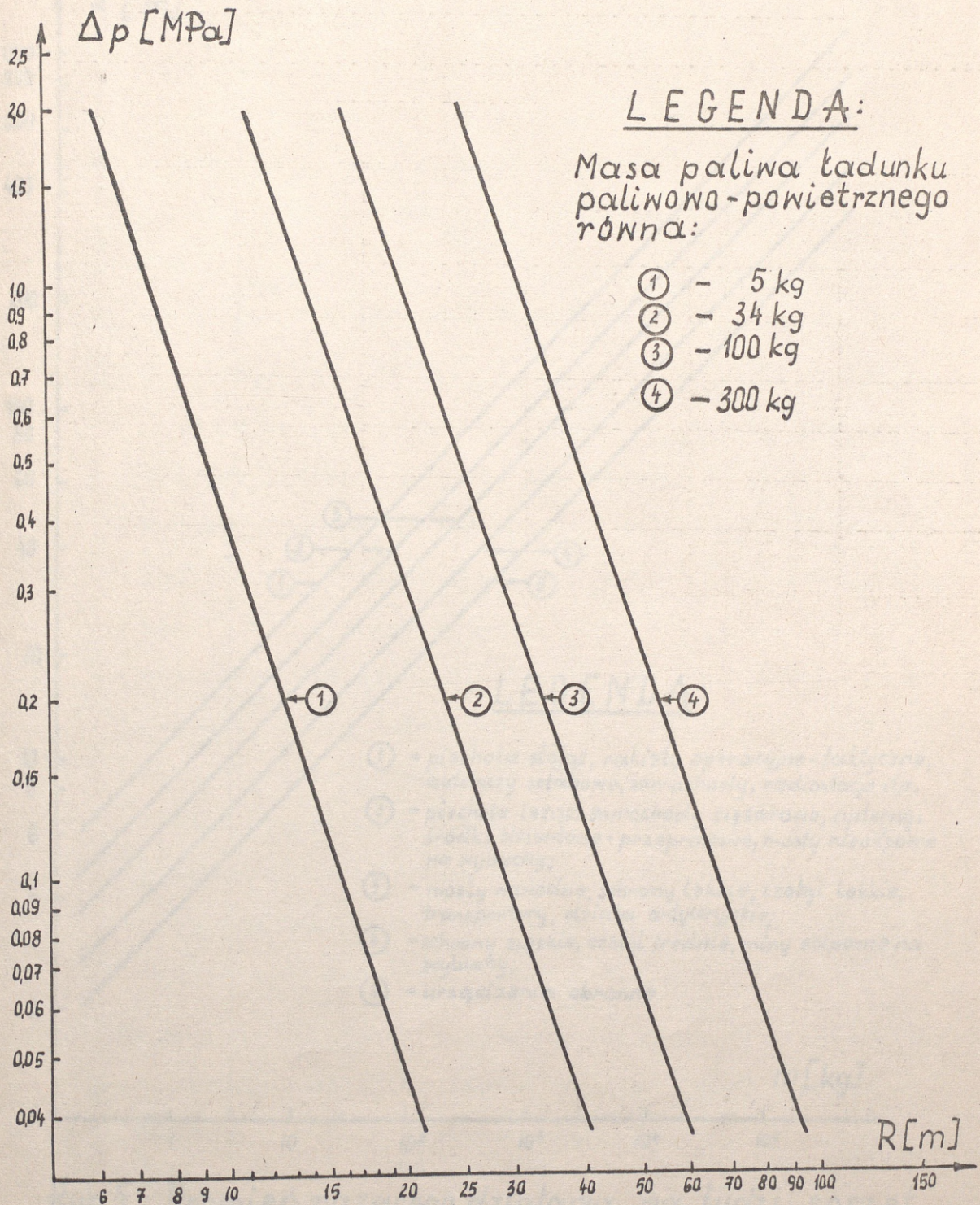
Tabela 3

Promienie /w m/ odpowiadające nadciśnieniu Δp
w rejonie wybuchu ładunku paliwowo-powietrznego przy różnych
masach paliwa

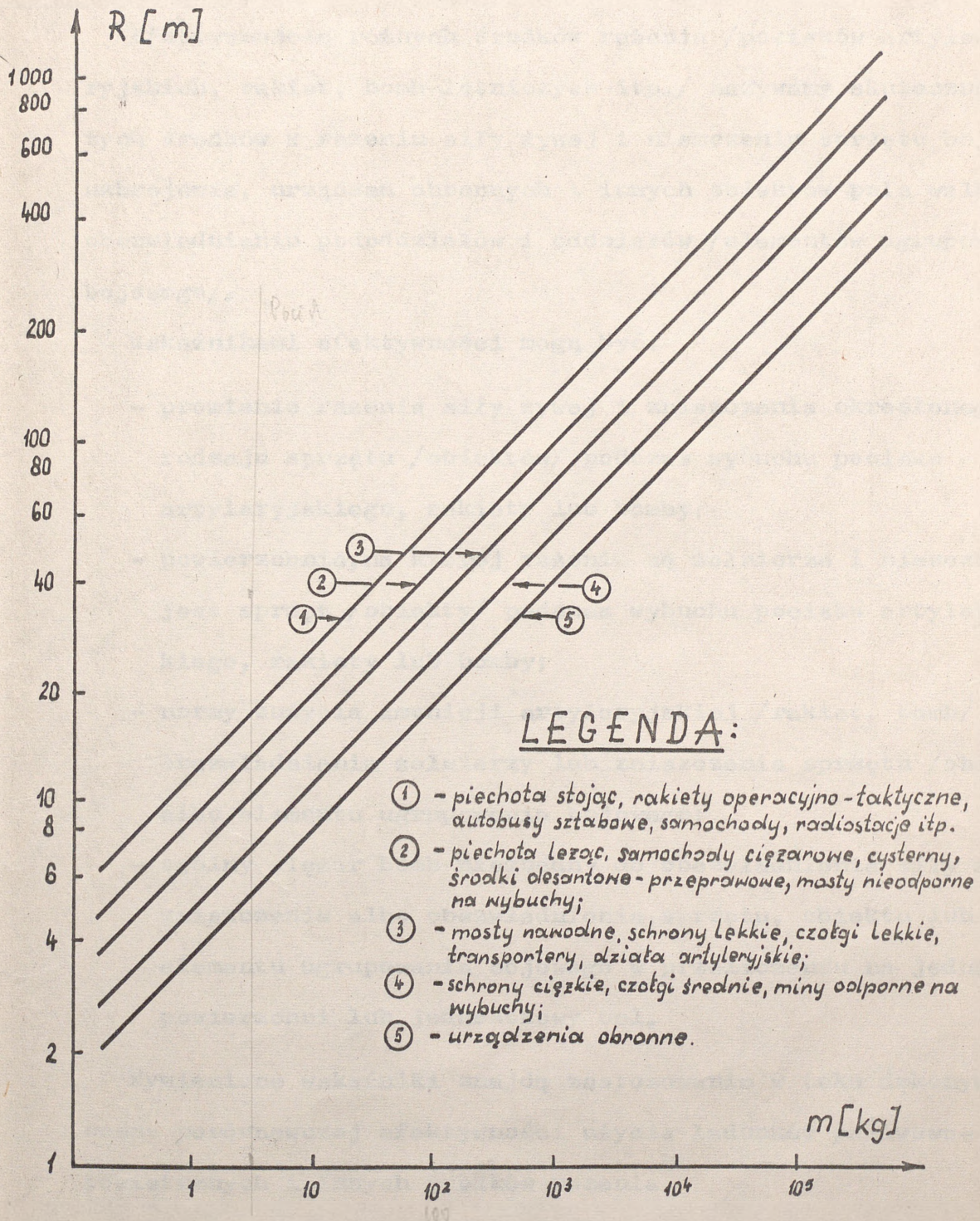
Nadciśnienie Δp MP _a /kG/cm ² /	Promienie /w m/ na granicach których nadciśnienie osiąga wartość Δp przy masie paliwa			
	5 kg	34 kg	100 kg	300 kg
1,97 /20/	6	11	16	25
0,73-0,98 /7,5-10/	8	16	22	33
0,25-0,29 /2,5-3/	13	22	31	48
0,009-0,14 /1-1,5/	15	28	40	63
0,04-0,06 /0,4-0,6/	20	38	54	85

Na podstawie danych zawartych w tabeli 3 można sporządzić wykresy zmiany nadciśnienia fali uderzeniowej wybuchów paliwowo-powietrznych w zależności od odległości od środka obłoku gazowego /dla określonych wielkości masy paliwa/. Przedstawiono je na rys.4.

Wykresy przedstawione na rys.4 i dane zawarte w tabeli nr 3 /dotyczące wielkości nadciśnienia/ stanowią podstawę do wyznaczenia promieni R, na granicach których nadciśnienie osiąga wartości 1,97; 0,73-0,98; 0,25-0,3; 0,1-0,14 i 0,04-0,06 MP_a przy dowolnej masie paliwa. Z kolei na podstawie wielkości nadciśnienia można określić rażące właściwości fali uderzeniowej ładunków paliwowo-powietrznych /rys.5/.



Rys. 4 Nadciśnienie fali uderzeniowej ładunku paliwowo-powietrznego Δp jako funkcja odległości od wybuchu R .



Rys. 5 Promień rażącego działania na ludzi, sprzęt i różne obiekty ładunku paliwowo-powietrznego $|R|$ jako funkcja masy paliwa $|m|$.

2. OCENA PORÓWNAWCZA EFEKTYWNOŚCI UŻYCIA ŁADUNKÓW PALIWOWO- POWIETRZNYCH I INNYCH ŚRODKÓW RAŻENIA

Efektywnością różnych środków rażenia /pocisków artyleryjskich, rakiet, bomb lotniczych itp./ nazywamy skuteczność tych środków w rażeniu siły żywej i niszczeniu sprzętu bojowego, uzbrojenia, urządzeń obronnych i innych obiektów pola walki lub obezwładnianiu pododdziałów i oddziałów /elementów ugrupowania bojowego/.

Wskaźnikami efektywności mogą być:

- promienie rażenia siły żywej i zniszczenia określonego rodzaju sprzętu /obiektów/ podczas wybuchu pocisku artyleryjskiego, rakiety lub bomby;
- powierzchnia, na której rażenia są żołnierze i niszczone jest sprzęt /obiekty/ podczas wybuchu pocisku artyleryjskiego, rakiety lub bomby;
- normy zużycia amunicji artyleryjskiej /rakiet, bomb/ do obezwładniania żołnierzy lub zniszczenia sprzętu /obiektu/ albo elementu ugrupowania bojowego;
- ogólny ciężar bomb niezbędny do obezwładnienia siły żywej, zniszczenia albo obezwładnienia sprzętu, obiektu lub elementu ugrupowania bojowego w przeliczeniu na jednostkę powierzchni lub jednostkowy cel.

Wymienione wskaźniki znajdują zastosowanie w toku dokonywania oceny porównawczej efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i innych środków rażenia.

2.1. Ocena taktyczna efektywności ładunków paliwowo-powietrznych na tle efektywności konwencjonalnych środków rażenia

Ustalenia metodologiczne

W celu porównania efektywności ładunków paliwowo-powietrznych z efektywnością innych klasycznych środków rażenia wprowadzimy pojęcie "efektywności względnej", którą zdefiniujemy jako stosunek efektywności ładunków paliwowo-powietrznych do efektywności klasycznej amunicji konwencjonalnej.

W toku określenia efektywności względnej ładunków paliwowo-powietrznych przenoszonych do celu przy pomocy artylerii i bomb lotniczych przyjęto wskaźnik umowy - normę zużycia pocisków artyleryjskich /bomb/ na jednostkę powierzchni:

$$E_a = \frac{n_{pp}}{n_{a/b}} \quad /7/$$

gdzie: E_a, E_b - efektywność względna użycia ładunków paliwowo-powietrznych w pociskach artyleryjskich lub bombach /wielkość bezwymiarowa/;

n_{pp} - norma zużycia ładunków paliwowo-powietrznych w postaci pocisków artyleryjskich lub bomb do obezwładniania siły żywej, zniszczenia /uszkodzenia/ sprzętu bojowego i uzbrojenia lub innych obiektów w ha¹;

n_a, n_b - norma zużycia pocisków artyleryjskich lub bomb do obezwładnienia siły żywej, zniszczenia /uszkodzenia/ sprzętu bojowego i uzbrojenia lub innych obiektów w ha¹.

W toku określania efektywności względnej ładunków paliwowo-powietrznych przenoszonych do celu przy pomocy rakiet przyjęto powierzchnię rażenia siły żywej, zniszczenia sprzętu bojowego /obektów/ podczas wybuchu ładunku paliwowo-powietrzego i

ładunku konwencjonalnego umieszczonego w głowicy rakiety:

$$E_r = \frac{S_{pp}}{S_k} \quad /8/$$

- gdzie: E_r - efektywność względna użycia ładunków paliwowo-powietrznych w raketach /wielkość bezwymiarowa/;
- S_{pp} - powierzchnia /w km^2 / obezwładnienia siły żywej, zniszczenia /uszkodzenia/ sprzętu bojowego, uzbrojenia lub innych obiektów przy pomocy rakiety z ładunkiem paliwowo-powietrznym;
- S_k - powierzchnia /w km^2 / obezwładnienia siły żywej, zniszczenia /uszkodzenia/ sprzętu bojowego i uzbrojenia lub innych obiektów przy pomocy rakiety z ładunkiem klasycznego materiału wybuchowego.

Z powyższego wynika, że dla oceny efektywności ładunków paliwowo-powietrznych na tle efektywności innych konwencjonalnych środków rażenia należy wyznaczyć:

- promień rażącego działania ładunków paliwowo-powietrznych na ludzi, sprzęt i różne obiekty;
- ilości ładunków paliwowo-powietrznych o różnych masach paliwa niezbędne do obezwładnienia siły żywej oraz zniszczenia sprzętu i obiektów na jednostkowej powierzchni;
- masę paliwa, która może być pomieszczona w pociskach artyleryjskich, raketach i bombach lotniczych.

Rażenie ludzi, zniszczenie sprzętu bojowego i różnych obiektów przy pomocy ładunków paliwowo-powietrznych następuje w wyniku oddziaływania powietrznej fali uderzeniowej. Promień rażenia uwarunkowany jest przy tym maksymalną wartością nadciśnienia. Orientacyjne wartości nadciśnienia powodujące zniszczenie obiektów i rażenie ludzi przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Orientacyjne wartości nadciśnienia powietrznej fali uderzeniowej powodujące rażenie ludzi oraz utratę właściwości użytkowych sprzętu bojowego i różnych obiektów

Nadciśnienie p MP _a /kG/cm ²	Skutki oddziaływania nadciśnienia
0,04-0,06 /0,4-0,6/	Rażenie piechoty odkrytej w pozycji stojąc /utrata zdolności bojowej/, zniszczenie rakiet operacyjno-taktycznych, autobusów sztabowych, samochodów, radiostacji na samochodach, tranzycji, odkrytych szczelin, samolotów na lotniskach
0,1-0,15	Rażenie piechoty odkrytej w pozycji leżąc /utrata zdolności bojowej/, zniszczenie samochodów ciężarowych i cystern, samobieżnych środków desantowo-przeprawowych, schronów przedpiersiowych, min przeciwpiechotnych i przeciwczołgowych nieodpornych na wybuchy
0,25-0,3	Rażenie piechoty w pozycji leżąc /porażenia śmiertelne/, zniszczenie mostów nawodnych złożonych z parku pontonowego, schronów typu lekkiego, czołgów lekkich, transporterów opancerzonych, dział artyleryjskich, mostów drewnianych na podporach z pali.
0,75-1,0 /7,5-10/	Zniszczenie schronów typu ciężkiego czołgów średnich, min przeciwczołgowych odpornych na wybuchy

Dane zamieszczone w tabeli nr 4 mogą być wykorzystane do oceny rażącego działania fali uderzeniowej wybuchów paliwowo-powietrznych na ludzi, sprzęt i obiekty.

W celu porównania efektywności ładunków paliwowo-powietrznych z efektywnością ładunków konwencjonalnych należy ocenić orientacyjną masę paliwa, która może być pomieszczona w typowej amunicji.

W toku oceny przyjęto założenie, że suma masy paliwa i masy dodatkowej powinna być porównywalna z masą materiału wybuchowego w amunicji odłamkowo-burzącej. Np. masa materiału kruszącego w pocisku do haubicy 152 mm wynosi około 6,5 kg. Można więc założyć, że w pocisku tym może być pomieszczone około 5 kg paliwa, a 1,5 kg należy przeznaczyć na dodatkowe urządzenia. Ocenioną w podobny sposób masę paliwa w różnej amunicji przedstawiono w tabeli nr 5.

Tabela 5.

Ocena możliwości wypełnienia amunicji paliwem

Rodzaj amunicji	Masa w kg		
	całkowita	materiału kruszącego	paliwa
120 mm pocisk moździerzowy	16,3	3	1,5
122 mm pocisk haubiczny	21,8	3,5	2
152 mm pocisk haubiczny	40	6,5	5
Pocisk do BM-21	66	6	4,5
250 kg bomba lotnicza	250	-	50
500 kg bomba lotnicza	500	-	200

Ilość ładunków paliwowo-powietrznych o różnych masach paliwa niezbędna do obezwładnienia siły żywej i zniszczenia różnego sprzętu bojowego /obiektów/ na jednostkowej powierzchni ocenimy wychodząc z następującego założenia: podczas oceny efektywności ognia artylerii, rakiet, lotnictwa i innych środków

walki, cel uważany jest za obezwładniony wówczas, gdy 25 - 30% jego elementów utraciło zdolność bojową. Odnosząc powyższe ustalenia do ładunków paliwowo-powietrznych zauważamy, że obezwładnienie elementów celu na powierzchni jednego hektara osiągniemy wówczas, gdy suma powierzchni stref rażenia od poszczególnych ładunków wyniesie 20 - 30% ogółu powierzchni celu. Przyjmując ponadto pewien zapis uwzględniający nałożenie się tych stref otrzymamy powierzchnię obejmującą 40-50% ogółu powierzchni celu. Wówczas dla wyznaczenia ilości ładunków paliwowo-powietrznych, niezbędnych do obezwładnienia celu na powierzchni 1 ha można wykorzystać zależność:

$$n = \frac{5000}{\pi R^2} \quad /9/$$

gdzie: n - ilość ładunków niezbędnych do obezwładnienia celu na powierzchni 1 ha

R - promień rażenia ładunku paliwowo-powietrznego w m
5000 - powierzchnia porażona w m² /0,5 ha/.

Na podstawie powyższego wzoru i danych zamieszczonych na rys. 5 można określić związek pomiędzy ilością ładunków niezbędnych do obezwładnienia celu na powierzchni 1 ha, masą ładunku i nadciśnieniem. Dane te zestawiono w tabeli nr 6.

Tabela 6

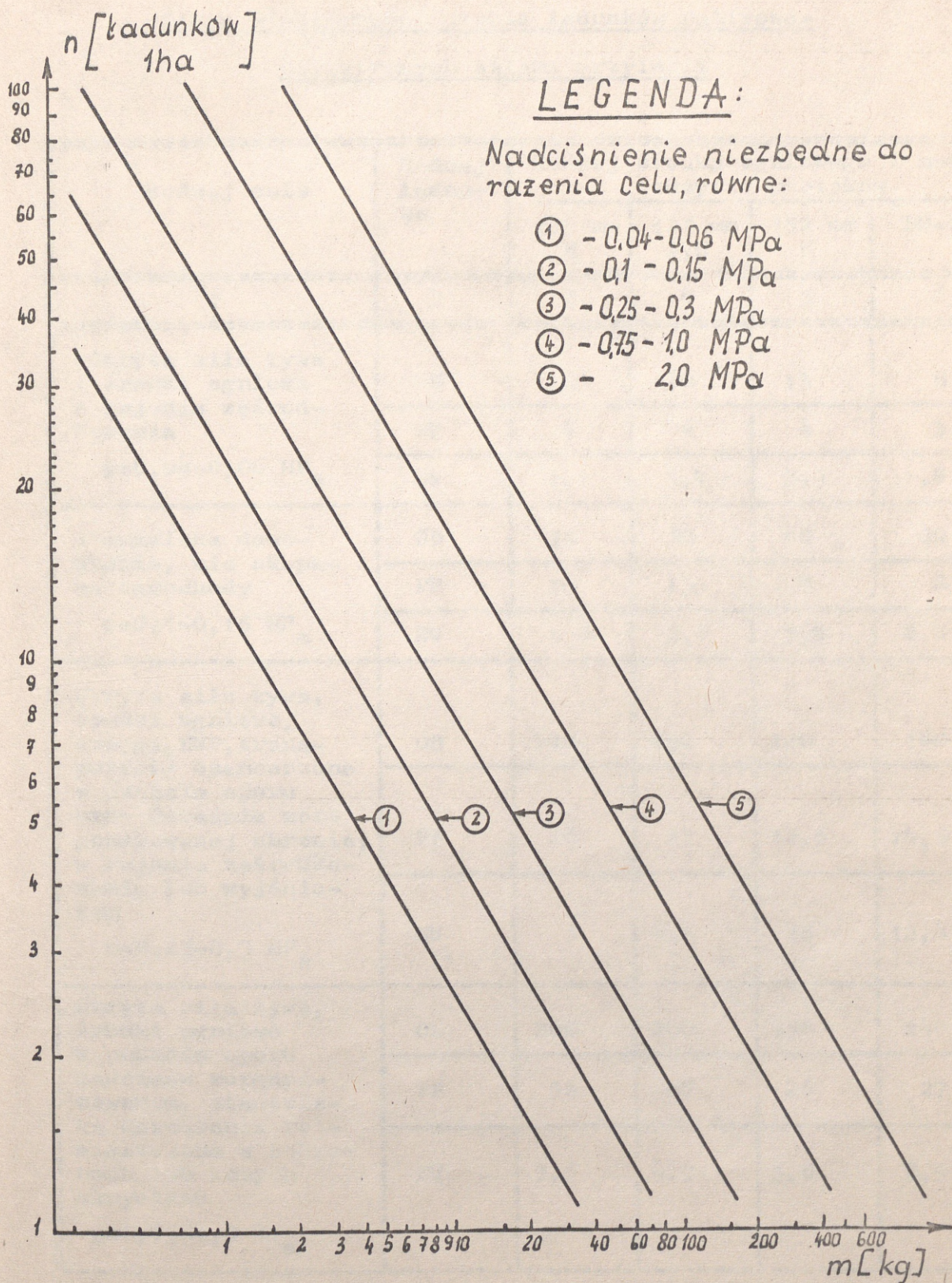
Liczba ładunków /szt./ha/ niezbędna do obezwładnienia celu nadciśnieniem Δp na powierzchni 1 ha jako funkcja paliwa

Nadciśnienie Δp MP _a	Liczba ładunków o masie			
	5 kg	10 kg	20 kg	30 kg
0,04 - 0,05	4	2,5	1,4	1,2
0,1 - 0,15	7	4,5	2,5	2
0,25 - 0,3	13	8	4,5	3,5
0,75 - 1,0	25	16	9	7
2	48	30	17	14

W oparciu o dane zamieszczone w tabeli 6 opracowano grafik /rys.6/ przedstawiający zależność między masą ładunku i liczbą ładunków paliwowo-powietrznych niezbędną do obezwładnienia celu na powierzchni 1 ha nadciśnieniem o żądanej wartości.

Ocena porównawcza efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i odpowiadających im pocisków artyleryjskich

W celach porównawczych w tabeli 7 przedstawiono normy zużycia różnych typów pocisków artyleryjskich niezbędne do obezwładnienia typowych celów i określono efektywność względną ładunków paliwowo-powietrznych.



Rys. 6 Ilość ładunków paliwowo-powietrznych n /niezbędna do obezwładnienia celu na powierzchni 1ha jako funkcja masy paliwa m [kg].

Ocena efektywności użycia ładunków paliwowo-
powietrznych siłami artylerii

Rodzaj celu	Rodzaj ładunku	Rodzaj środka ogniowego i norma zużycia pocisków			
		120 mm M	122 mm A, H	152 mm H	BM-21
1	2	3	4	5	6
Odkryta siła żywa i środki ogniowe w rejonie ześrodkowania $p=0,04-0,06 \text{ MP}_a$	OB	10	20	15	8
	PP	9	8	4	5
	EW	1,1	1,7	3,4	1,8
Stanowiska dowodzenia, nie okopane samochody $p=0,1-0,15 \text{ MP}_a$	OB	25	50	40	20
	PP	16	13	7	8
	EW	1,6	3,8	5,6	2,6
Ukryta siła żywa, środki ogniowe, czołgi, BWP, transportery opancerzone w punkcie oporu przy doraźnie zorganizowanej obronie; w rejonie ześrodkowania lub wyjściowym $p=0,25-0,3 \text{ MP}_a$	OB	140	150	110	180
	PP	28	23	12,5	14,5
	EW	5	6,4	8,8	12,4
Ukryta siła żywa, środki ogniowe w punkcie oporu zawczasu zorganizowanym, stanowiska dowodzenia rozmieszczone w schronach lub innych ukryciach $p=0,75-1,0 \text{ MP}_a$	OB	200	200	150	240
	PP	56	47	26	27
	EW	3,6	4,3	5,8	8,9

1	2	3	4	5	6
Średnia efektywność względna		3	4	6	6

Uwagi: 1. OB - pociski odłamkowo-burzące, PP - pociski paliwowo - powietrzne , EW - efektywność względna.

2. Normy zużycia pocisków odłamkowo-burzących podano w oparciu o dane zawarte w podręczniku "Użycie artylerii w walce i operacji".

3. Normy zużycia ładunków paliwowo-powietrznych odczytano z wykresów na rys.6.

Z danych zamieszczonych w tabeli 7 wynika, że średnia efektywność względna ładunków paliwowo-powietrznych użytych przy pomocy artylerii w stosunku do pocisków odłamkowo-burzących może wynieść:

- dla 120 mm moździerzy - około 3;
- dla 122 mm haubic i armat - około 4;
- dla 152 mm haubic i wyrzutni BM - 21 - około 6,

Z powyższych danych cyfrowych wynika, że skonstruowanie pocisków artyleryjskich, zawierających wewnątrz paliwo, tworzące obłok paliwowo-powietrzny jest w pełni celowe.

Ocena porównawcza efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i odpowiadających im głowic rakiet taktycznych

Efektywność użycia ładunków paliwowo-powietrznych w głowicach rakiet R-70 można ocenić poprzez porównanie powierzchni rażonej ładunkiem paliwowo-powietrzny o orientacyjnej masie

200 kg i powierzchni rażonej głowicą kasetową. Ta ostatnia obezwładnia siłę żywą nieukrytą na powierzchni około 10 ha, podczas gdy wspomniany ładunek paliwowo-powietrzny na powierzchni około 1,5 ha. Z powyższego wynika, że konstruowanie głowic paliwowo-powietrznych do rakiet jest niecelowe.

Ocena porównawcza efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i odpowiadających im bomb lotniczych

Efektywność użycia ładunków paliwowo-powietrznych w bombach lotniczych można ocenić podobnie jak w przypadku artylerii - poprzez porównanie norm zużycia bomb na 1 ha i niezbędnej ilości ładunków paliwowo-powietrznych. Normy te, po przeliczeniu tonażu na liczbę bomb 250 i 500 kilogramowych przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8

Ocena efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych w postaci bomb lotniczych

Rodzaj celu	Rodzaj ładunku bomby	Norma /na 1 ha/ zużycia bomb o masie	
		250	500
1	2	3	4
Odkryta siła żywa i środki ogniowe w rejonie ześrodkowania $\Delta p = 0,04 - 0,06 \text{ MP}_a$	OB	4,3	2,2
	PP	0,8	0,3
	EW	5,4	7,4
Stanowiska dowodzenia, nieukryte samochody $\Delta p = 1 - 1,5 \text{ MP}_a$	OB	8,4	3,5
	PP	1,3	0,5
	EW	6,4	7

1	2	3	4
Ukryta siła żywa, środki ogniowe, czołgi, DWP, transportery opancerzone w punkcie oporu przy doraźnie zorganizowanej obronie, rejonie ześrodkowania lub wyjściowym $\Delta p = 0,25 - 0,3 \text{ MP}_a$	OB	10,5	6,2
	PP	2,3	0,9
	EW	4,6	6,9
Ukryta siła żywa, środki ogniowe w punkcie oporu przy zawczasu zorganizowanej obronie, stanowiska dowodzenia rozmieszczone w schronach lub innych ukryciach $\Delta p = 0,75 - 1,0 \text{ MPa}$	OB	2,8	11,5
	PP	4,7	1,8
	EW	6	6,4
Średnia efektywność względna	-	6	7

Uwagi: 1. OB - bomba odłamkowo-burząca, PP - ładunek paliwowo-powietrzny, EW - efektywność względna.

2. Normy zużycia ładunków paliwowo-powietrznych odczytano z rys. 6.

Z tabeli 8 wynika, że średnia efektywność względna ładunków paliwowo-powietrznych użytych w bombach lotniczych w stosunku do bomb konwencjonalnych wynosi:

- w przypadku użycia bomb 250 kg - 6
- w przypadku użycia bomb 500 kg - 7

2.2. Ocena porównawcza efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i ładunków jądrowych małej mocy

W celu oceny tej efektywności dokonano porównania zasięgu rażącego działania broni jądrowej o mocy mniejszej od 1 kt i ładunków paliwowo-powietrznych. Uwzględniono przy tym, że rażenie ludzi znajdujących się poza ukryciami, a także w różnorodnych ukryciach ruchomych i stałych z wyjątkiem schronów, w rejonie wybuchu jądrowego o mocy mniejszej od 1 kt, następuje w wyniku działania promieniowania przenikliwego, natomiast sprzęt bojowy, uzbrojenie, obiekty terenowe i urządzenia inżynierskie ulegają zniszczeniu i uszkodzeniu w wyniku działania fali uderzeniowej.

W tabeli 9 i 10 przedstawiono promienie rażenia ludzi, sprzętu bojowego i obiektów terenowych w rejonach wybuchów jądrowych o mocach od 10 do 100 ton. W rubryce nr 3 wymienionych tabel podana jest ekwiwalentna masa paliwa tworzącego obłok paliwowo-powietrzny, którego detonacja daje skutki porównywalne ze skutkami wybuchu jądrowego małej mocy.

Tabela 9

Promienie /w m/ utraty zdolności bojowej ludzi w rejonach wybuchów jądrowych małej mocy i ekwiwalentnych mas ładunków paliwowo-powietrznych

Rozmieszczenie stanu osobowego	Moc ładunku jądrowego w t	Masa paliwa w ładunku paliwowo-powietrznym w t	Promień rażenia w m
1	2	3	4
Poza ukryciami, w samochodach i	10	4	230

1	2	3	4
odkrytych transporterach opancerzonych	20	18	380
	50	36	460
	100	58	550

Tabela 10

Promienie zniszczeń i uszkodzeń sprzętu i obiektów po wybuchach jądrowych małej mocy oraz wybuchach ładunków paliwowo-powietrznych

Rodzaj obiektu	Moc ładunku jądrowego /w t/	Masa /w t/ ładunku paliwowo-powietrznego, której wybuch daje analogiczne skutki jak wybuch jądrowy	Promień rażenia /w m/
1	2	3	4
Rakiety taktyczno-operacyjne, autobusy sztabowe, radiostacje na samochodach, odkryte transzeje, szczeliny, samoloty na lotniskach	10	0,17	70
	20	0,4	95
	50	1,3	140
	100	3,2	190
Samochody ciężarowe, cysterny, samobieżne środki przeprowowe, schrony przedpiersiowe, miny przeciwpiechotne i przeciwczołgowe nieodporne na wybuchy	10	0,09	40
	20	0,21	55
	50	0,65	80
	100	3,2	190

1	2	3	4
Mosty nawodne z parku pontonowego, schrony typu lekkiego, transportery opancerzone, działa artyleryjskie, mosty drewniane na podporach z pali	10	0,12	35
	20	0,24	45
	50	0,95	70
	100	2,1	95
Schrony typu ciężkiego, czołgi średnie, miny przeciwczołgowe odporne na wybuchy	10	0,07	20
	20	0,09	22
	50	0,22	30
	100	0,55	40

Z danych przedstawionych w tabelach 9 i 10 wynika, że efektywność ładunków paliwowo-powietrznych, w porównaniu z ładunkami jądrowymi małej mocy jest:

- niska, jeżeli chodzi o rażenie ludzi;
- wysoka, jeżeli uwzględnić rażenie sprzętu bojowego i urządzeń obronnych typu polowego.

2.3. Ocena porównawcza efektywności użycia ładunków paliwowo-powietrznych i środków dotychczas wykorzystywanych do wykonywania przejść w polach minowych

W świetle doświadczeń wojennych i ćwiczeń z wojskami wykonywanie przejść w zaporach minowych osłanianych ogniem jest procesem złożonym, na który składa się szereg wzajemnie współzależnych czynności. Proces ten rozpoczyna się z chwilą napotkania zapory minowej /zadziałanie miny lub rozpoznanie linii kontaktowej zapory minowej/. Następne czynności mogą być następujące:

- obezwładnienie ogniem i zasłonami dymnymi środków ogniowych nieprzyjaciela osłaniających zapory;
- przeprowadzenie w miarę możliwości szczegółowego rozpoznania zapory minowej i środków ogniowych osłaniających zapory;
- przygotowanie sił i środków do wykonania przejścia;
- wykonanie przejścia "pierwotnego";
- sprawdzenie i ewentualne poszerzenie przejścia "pierwotnego" do wymaganych parametrów przejścia "ostatecznego";
- oznakowanie przejścia i zorganizowanie służby porządkowo-ochronnej.

Czas trwania wymienionych czynności może być różny. Zależy bowiem od warunków i rodzaju użytych środków rozminowania. W każdym wypadku najbardziej niebezpieczne i czasochłonne są czynności związane z wykonywaniem i poszerzaniem przejść. Z doświadczeń wojennych znanych jest wiele przykładów mówiących

o tym, że saperzy nie zdążyli w planowanym czasie wykonać przejść, co powodowało konieczność przesunięcia terminu ataku lub zaniechania go. Przejścia powinny być wykonane dla każdego plutonu pierwszego rzutu. Szerokość przejścia powinna wynosić 6-8 m dla ruchu jednokierunkowego i 10-12 m dla ruchu dwukierunkowego, długość przejścia jest uzależniona od głębokości zapory i może wahać się od 100 do 300 metrów.

Obecnie zadania związane z wykonywaniem przejść w polach minowych wykonują wojska inżynieryjne oraz pododdziały zmechanizowane i ozołgów. Przejścia w polach minowych wykonuje się sposobem ręcznym, mechanicznym lub wybuchowym.

Sposób ręczny polega na zastosowaniu wzrokowej, ręcznej lub elektromagnetycznej metody wykrywania min oraz niszczeniu materiału wybuchowego lub usuwaniu min. Jest jednak równocześnie bardzo powolny /wykonanie przejścia trwa godziny/ i niebezpieczny /szczególnie przy rozminowywaniu zapór osłanianych ogniem oraz zapór z minami nieusuwalnymi i nierozbrojonymi/. Ponadto sposób ręczny nie daje pewności wykonania przejścia nie tylko w określonym czasie /np. w okresie APA/ ale w ogóle. Tak więc, chociaż będzie on niezbędny i powszechnie stosowany, nie jest w stanie spełnić wymogów szybkości i bezpieczeństwa rozminowania.

Sposób wybuchowy polega na zastosowaniu standardowych ładunków wydłużonych: UZ-2, LWD 100/5000 i LWM 100/300.

Ładunek UZ-2 cechuje się prostotą konstrukcji i obsługi oraz uniwersalnością zastosowania. Wymaga jednak wcześniejszego wniesienia na pole minowe i jest w związku z tym niebezpieczny. Ponadto ilość materiału wybuchowego /2,65 kg/m/ zawarta w ładunku umożliwia wykonanie przejścia o szerokości około 4 m, co stanowi szerokość niewystarczającą do zapewnienia bezpiecznego

ruchu, wozów bojowych. W związku z tym istnieje konieczność sprawdzenia i poszerzenia przejścia. Reasumując wady i zalety sztywnych ładunków wydłużonych można stwierdzić, że na przyszłym polu walki ich zastosowanie będzie ograniczone.

Ładunek LWD 100/5000 jest wystrzeliwany na pole minowe z wyrzutni. Sposób ten ma tak jak i poprzednie określone wady.

Należą do nich:

- mały zasięg wystrzeliwania ładunku /250 m/ i związana z tym konieczność ustawienia wyrzutni 150 m przed zaporą. Istnieje przy tym duże niebezpieczeństwo porażenia ogniem obsługi i wyrzutni. Rozminowanie przy pomocy ładunku LWD 100/5000 nie spełnia wymogów bezpieczeństwa i tym samym ogranicza istotnie zastosowanie tego ładunku na przyszłym polu walki;
- możliwość wykonania przejścia o stałej długości /100 m/. Nie można natomiast elastycznie i ekonomicznie dostosować ilości miotanego środka do głębokości zapory, oraz wykonać przejścia w zaporach o głębokości większej niż 100 m;
- konieczność sprawdzenia i poszerzenia wykonanego przejścia. Czynności te muszą być wykonane, ponieważ przejście ma szerokość 4 - 4,5 m /1,5 m w polach z minami odpornymi na działanie fali uderzeniowej/ i nie ma całkowitej pewności, że w wypukłościach terenu pozostały miny;
- efektywne wykonanie przejścia ładunkiem LWD 100/5000 jest uwarunkowane uzyskaniem dokładnych danych o zaporze minowej /przebieg przedniego skraju, głębokość zapory/ i obezwładnieniem środków ogniowych osłaniających zaporę. W warunkach prowadzenia natarcia wykonanie tych czynności będzie trudne i zawsze czasochłonne.

Z przedstawionych wad metody użycia ładunków LWD 100/5000 wynikają ograniczone możliwości jej zastosowania.

Ładunek LWM 100/300 jest używany do wykonywania przejść-ściezek w przeciwpancernych i przeciwpiechotnych polach minowych. Jego użycie cechuje się podobnymi wadami jak opisano wyżej. Jednakże biorąc pod uwagę prostotę tego ładunku i jego przeznaczenie jako środka rozpoznawczo-rozminowującego należy stwierdzić, że prawdopodobnie znajdzie on szerokie zastosowanie na przyszłym polu walki.

Sposób mechaniczny polega na zastosowaniu do rozminowania trałów; wykopowych - KMT-4 i KMT-6 oraz naciskowo-wykopowych KMT-5. Czołgi-trały w odróżnieniu od środków opisanych wyżej mają tę zaletę, że są środkami o właściwościach rozpoznawczo-torujących. Prowadzą one równocześnie rozpoznanie terenu na zaminowanie i wykonują przejścia kolejinowe. Zdolność, chociażby częściowa, rozpoznania terenu na zaminowanie jest bardzo cenną zaletą, zwłaszcza przy pokonywaniu zapór minowych z marszu.

Oprócz wymienionej zalety czołgi z zamontowanymi trałami mają szereg wad, które ograniczają ich zastosowanie. Należą do nich:

- niewielka szybkość trałowania - 8-18 km/h;
- możliwość trałowania tylko w określonych warunkach terenowych /dla trałów wykopowych miękkiego gruntu, dla naciskowych - równy teren bez przeszkód pionowych/;
- możliwość wykonania przez trały jedynie przejścia "koleinowego", którego dostosowanie do ruchu pojazdów wymaga poszerzenia;
- niebezpieczeństwo uszkodzenia trału i czołgu oraz porażenia załogi w wypadku zastosowania przez nieprzyjaciela przedsięwzięć przeciwtrałowych /opisane zastosowanie zwiększonej ilości materiałów wybuchowych/;

- narażenie czołgu z trałem na ogień środków przeciwpancernych broniących zapory.

Mimo wymienionych wad trały na ewentualnym przyszłym polu walki będą niezbędnym środkiem do pokonywania zapór minowych.

Z przedstawionej charakterystyki stosowanych sposobów wykonywania przejść w polach minowych wynika, że nie spełniają one podstawowych wymagań jakie w tym zakresie są stawiane. Dlatego też istnieje konieczność poszukiwania nowych sposobów wykonywania przejść. Z danych literaturowych wynika, że do tego celu mogą być użyte ładunki paliwowo-powietrzne. Możliwości wykonania przejść przy ich pomocy przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11

Możliwości wykonywania przejść w polach minowych przy wykorzystaniu ładunków paliwowo-powietrznych

Zawartość paliwa w ładunku /w kg/	Promień wybuchu min /w m/	Szerokość przejścia /w m/	Głębokość przejścia /w m/	Niezbędna ilość ładunków przy uchyleniach	
				$U_k=U_d=2,5m$	$U_k=U_d=3m$
1	2	3	4	5	6
5	8	6	100	16	21
			300	46	66
		8	100	23	59
			300	69	177
		12	100	32	-
			300	94	-
10	11	6	100	8	9
			300	22	25
		8	100	8	10
			300	24	28
		12	100	9	16
			300	27	46

1	2	3	4	5	6
20	14	6	100 300	5 15	6 16
		8	100 300	6 16	6 17
		12	100 300	6 16	7 20
		6	100 300	5 13	5 14
30	15	8	100 300	5 14	5 15
		12	100 300	5 15	6 17

Uwaga: Podczas dokonywania obliczeń w celu ustalenia niezbędnej ilości ładunków paliwowo-powietrznych do wykonania przejść w polach minowych zastosowany został następujący wzór:

$$h = \frac{1}{\sqrt{4R^2 - \frac{1}{a} + 2U_k^2 - 2U_d}}$$

gdzie: n - ilość ładunków paliwowo-powietrznych niezbędna do wykonania przejścia w polu minowym;

l - głębokość przejścia w polu minowym /w m/;

R - promień wybuchu min w przypadku detonacji ładunków paliwowo-powietrznych /w m/;

a - szerokość przejścia w polu minowym /w m/;

U_k - uchylenie ładunku od miejsca celowania w kierunku /w m/;

U_d - uchylenie ładunku od miejsca celowania w donośności /w m/.

Z analizy danych zawartych w tabeli wynikają następujące wnioski:

- efektywność użycia ładunków paliwowo-powietrznych o masie 5 kg jest niewielka, głównie ze względu na konieczność wykorzystania do tego celu dużej ich ilości;
- efektywność użycia ładunków paliwowo-powietrznych o masie 10 i więcej kg jest zadowalająca;
- obserwuje się, że przy zwiększeniu masy paliwa efekty zmieniają się nieznacznie. Konstruowanie ładunków paliwowo-powietrznych dla celów wykonywania przejść w polach minowych o masie paliwa przekraczającej 30 kg jest w związku z tym niecelowe.

Zastosowanie zdalnego rozminowania przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych może spowodować następujące zmiany w procesie wykonywania przejść:

- uniezależnić częściowo lub całkowicie wykonanie przejścia od obezwładnienia środków ogniowych osłaniających przejście /wyrzutnia może zająć stanowisko poza zasięgiem środków ogniowych/;
- nie będzie potrzebne przeprowadzenie szczegółowego rozpoznania zapory minowej;
- skrócony zostanie czas wykonania przejścia /nie będzie bowiem potrzeby sprawdzenia i poszerzenia przejścia/;
- uproszczone zostanie dowodzenie wojskami pokonującymi zapory minowe.

Wprowadzenie do uzbrojenia ładunków paliwowo-powietrznych wpłynie w sposób istotny na możliwości wojsk w zakresie przełamania obrony nieprzyjaciela silnie nasyconej zaporami minowymi

Wpływ ten będzie się przejawiał następująco:

- szybkie wykonanie przejść w polu minowym o dużej głębokości pozwoli na gwałtowne wtargnięcie kolumn pancernych w ugrupowanie nieprzyjaciela;
- możliwe będzie atakowanie przedniego skraju obrony nieprzyjaciela w szyku przedbojowym;
- skrócony zostanie czas i zakres czynności związanych z nawiązaniem współdziałania wojsk podczas przełamywania obrony;
- zmniejszy się efektywność oddziaływania środków ogniowych nieprzyjaciela na atakujące wojska z uwagi na szybkie tempo ruchu wozów bojowych;
- możliwe będzie bardziej skuteczne wykorzystanie efektów ognia poprzez szybkie zbliżenie się atakujących pododdziałów do obezwładnionego ogniem nieprzyjaciela.

Można również oczekiwać wprowadzenia zmian w budowie zapór minowych, szczególnie w zakresie:

- głębszego ugrupowania kolejnych zapór minowych;
- stosowania bardziej nieregularnych form zapór minowych.

Prawdopodobnie szerzej niż dotychczas stosowane będą miny odporne na działanie fali uderzeniowej.

2.4. Ocena efektywności rażenia poszczególnych obiektów ładunkami paliwowo-powietrznymi

Wśród mnogości obiektów, jakie można wyróżnić w ugrupowaniu wojsk znajdują się takie, które odgrywają znaczącą rolę i stanowią w związku z tym opłacalne cele do zwalczania przez konwencjonalne środki rażenia - artylerię i lotnictwo. Do tego rodzaju obiektów można zaliczyć:

- pododdziały wojsk raketowych;
- pododdziały piechoty i zmechanizowane;
- stanowiska dowodzenia;
- pododdziały OPL, w tym raketowe;
- pododdziały artylerii lufowej i raketowej.

W stosunku do wymienionych wyżej obiektów zostanie przeprowadzona analiza i ocena możliwości ich zwalczania ładunkami paliwowo-powietrznymi.

Taktyczne i operacyjno-taktyczne wyrzutnie pocisków raketowych, ze względu na to, że służą przede wszystkim do przenoszenia ładunków jądrowych, są celami zwalczanymi w pierwszej kolejności, wszystkimi dostępnymi środkami. Mogą więc być zwalczane również przy wykorzystaniu ładunków paliwowo-powietrznych. W uzbrojeniu naszych potencjalnych przeciwników znajdują się zestawy raketowe Lance i Honest John. Z analizy ich struktury organizacyjnej oraz zasad działania pododdziałów raketowych wynika, że z uwagi na rodzaj posiadanego sprzętu oraz stan ukrycia obsługa mogą być one z powodzeniem zwalczane przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych. Obiektami uderzeń ładunkami paliwowo-powietrznymi, ze względu na swoje znaczenie, mogą być: stanowiska dowodzenia dywizjonów, rejony ześrodkowania baterii oraz

punkty obsługi technicznej.

Efektywność rażenia wojsk raketowych nieprzyjaciela, przy pomocy środków klasycznych i ładunków paliwowo-powietrznych, przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12

Efektywność rażenia wyrzutni raketowych przy pomocy amunicji klasycznej i ładunków paliwowo-powietrznych

Rodzaj wyrzutni	Odległość stanowisk tartowych od rubieży styczności bojowej w km	Normy zużycia pocisków niezbędne do zniszczenia celu	
		klasycznych	paliwowo-powietrznych
Honest John	6 - 12	400	80
Lance	15 - 30	400	80

Pododdziały piechoty i zmechanizowane, znajdujące się w rejonach ześrodkowania /wyjściowych/ i obrony będą również opłacalnymi celami uderzeń wykonanych przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych. W toku działań w wymienionych wyżej rejonach wojska będą całkowicie, bądź częściowo, stanowić odkrytą siłę żywą, będącą dogodnym celem do uderzeń ładunkami paliwowo-powietrznymi. Do wykonywania przedsięwzięć związanych z rozbudową inżynieryjną rejonu może być bowiem zaangażowane 1/2 - 2/3 stanu osobowego pododdziału. Pozostali żołnierze będą najczęściej zajęci obsługą sprzętu technicznego i wykonywaniem innych prac związanych z przygotowaniem do walki.

Efektywność rażenia pododdziałów piechoty w rejonach ześrodkowania i obrony przy pomocy środków klasycznych i ładunków paliwowo-powietrznych przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13

Efektywność rażenia pododdziałów piechoty w rejonach ześrodkowania i obrony przy pomocy środków klasycznych i ładunków paliwowo-powietrznych

Rodzaj obiektu	Odległość od rubieży styczności bojowej w km	Powierzchnia w km ²	Normy zużycia pocisków	
			klasycznych	paliwowo-powietrznych
Kompanijne punkty oporu I rzutu batalionu	0,5-1	0,7-1	3300	660
Kompanijne punkty oporu II rzutu batalionu	2 - 3	0,7-1	3300	6660
Kompanie w rejonach ześrodkowania odwodów brygadowych	10 -15	0,2-0,5	2700	540

Zwalczanie stanowisk dowodzenia, ze względu na rolę jaką będą one spełniać w systemie dowodzenia na przyszłym polu walki, będzie jednym z ważniejszych zadań. Zadanie to powinno być realizowane kompleksowo, przez niszczenie wszystkich wykrytych środków dowodzenia przy użyciu dostępnych środków rażenia. Rozpatrując stanowiska dowodzenia pod kątem możliwości ich zwalczania przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych można stwierdzić, że stanowią one opłacalne i wrażliwe na tego rodzaju

uderzenia obiekty. Sprzęt techniczny znajdujący się na stanowiskach dowodzenia jest bowiem na ogół słabo opancerzony, a tym samym nie stanowi dodatkowej osłony dla stanu osobowego. Możliwości rozbudowy inżynieryjnej stanowisk dowodzenia, ze względu na stosunkowo krótki okres ich rozmieszczenia w rejonie, będą również ograniczone. Uwarunkowania te sprzyjają ich rażeniu ładunkami paliwowo-powietrznymi.

Efektywność rażenia stanowisk dowodzenia przy pomocy amunicji klasycznej i paliwowo-powietrznej zilustrowano danymi cyfrowymi zamieszczonymi w tabeli 14.

Tabela 14

Efektywność rażenia stanowisk dowodzenia nieprzyjaciela
amunicją klasyczną i paliwowo-powietrzną

Rodzaj obiektu	Odległość od rubieży styczności bojowej w km		Powierzchnia w km ²	Norma zużycia pocisków	
	w natarciu	w obronie		klasycznych	paliwowo-powietrznych
WSD DZ/DPanc/	6-8	8-10	0,2	300	60
SD DZ/DPanc/	14-16	15-20	0,6	450	90
SD BZ /pz/	6-10	6-10	0,3	350	70

Pododdziały artylerii przeciwlotniczej oraz wyrzutnie przeciwlotniczych pocisków raketowych również mogą być rażone amunicją paliwowo-powietrzną. Efektywność ich rażenia będzie uzależniona od rodzaju środka i jego przynależności do poszczególnych grup. Środki obrony przeciwlotniczej, ze względu na ich rolę, sposób działania oraz miejsce w strukturze organizacyjnej,

można podzielić na dwie zasadnicze grupy: środki przeciwlotnicze występujące w uzbrojeniu oddziałów i związków taktycznych oraz na wyższych szczeblach organizacyjnych.

Środki obrony przeciwlotniczej pierwszej grupy /u naszych potencjalnych przeciwników zestawy raketowe oraz lufowe artylerii przeciwlotniczej Cheppard, Redeye, Vulcan Mk-20, L-60 i L-70/ mogą być zwalczane przy wykorzystaniu ładunków paliwowo-powietrznych, jako cele punktowe i powierzchniowe, przez artylerię i lotnictwo. Do środków obrony przeciwlotniczej drugiej grupy można zaliczyć przeciwlotnicze pociski raketowe /HAWK oraz NIKE HERCULES/. Ze względu na ich rozmieszczenie poza zasięgiem oddziaływania artylerii mogą być zwalczane przez lotnictwo.

Efektywność rażenia pododdziałów przeciwlotniczych pocisków raketowych HAWK, amunicję klasyczną i paliwowo-powietrzną, przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15

Efektywność rażenia pododdziałów przeciwlotniczych pocisków raketowych HAWK przy pomocy środków klasycznych i paliwowo-powietrznych

Rodzaj obiektu	Odległość od rubieży styczności wojsk w km	Powierzchnia w km ²	Normy zużycia pocisków	
			klasycznych	paliwowo-powietrznych
Dywizjon	15 - 30	6 x 0,4	900	180
Bateria		0,4	150	30

Z danych zamieszczonych w tabeli 15 wynika, że zastosowanie ładunków paliwowo-powietrznych do niszczenia pododdziałów przeciwlotniczych daje ewidentne korzyści w postaci znacznie mniejszego zużycia amunicji. Należy też zaznaczyć, że opłacalnymi celami dla uderzeń ładunkami paliwowo-powietrznymi będą przeciwlotnicze stanowiska dowodzenia i punkty kierowania.

Efekty użycia ładunków paliwowo-powietrznych do zwalczania artylerii będą zróżnicowane, zależne od rodzaju pododdziałów artylerii, przeciwko którym zostaną użyte. Mniejsze efekty uzyska się w wypadku wykorzystania ładunków do zwalczania artylerii samobieżnej, większe w wypadku zwalczania artylerii ciągniętej.

Efektywność rażenia pododdziałów artylerii nieprzyjaciela ładunkami klasycznymi i paliwowo-powietrznymi przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16

Efektywność rażenia pododdziałów artylerii amunicją klasyczną i paliwowo-powietrzną

Rodzaj obiektu	Odległość od rubieży styczności wojsk w km	Powierzchnia w km ²	Normy zużycia pocisków	
			klasycznych	paliwowo-powietrznych
Bateria 155mm haubic	4 - 5	0,2-0,5	480	96
Bateria 175mm armat	8 - 10	0,3-0,5	400	80
Bateria 203,2mm haubic	6 - 8	0,6	520	104

Z analizy struktury organizacyjnej oraz zasad działania artylerii nieprzyjaciela wynika, że dogodnymi obiektami uderzeń ładunkami paliwowo-powietrznymi są baterie artylerii znajdujące

się w rejonach wyczekiwania i na punktach ładowania amunicji, punkty kierowania ogniem oraz obiekty tyłowe i zabezpieczające, eliminacją, których znacznie obniża możliwości bojowe artylerii. Priorytetowo powinno być potraktowane zwalczanie artylerii rakietowej typu LARS i MARS.

Dobre rezultaty będzie można osiągnąć również w przypadku użycia ładunków paliwowo-powietrznych do niszczenia lotnictwa, szczególnie tego, które znajduje się w gestii wojsk lądowych. Związki operacyjne są nasycone coraz większą ilością różnego typu śmigłowców, wykorzystywanych jako środek rozpoznania i transportu oraz jako środek bezpośredniego wsparcia ogniowego. Ze względu na fakt, że śmigłowce posiadają szereg podzespołów i urządzeń wrażliwych na nadciśnienie mogą być z powodzeniem rażone przy pomocy amunicji paliwowo-powietrznej. Dogodnymi obiektami uderzeń amunicją paliwowo-powietrzną mogą być: śmigłowce rozpoznawczo-łącznikowe na lądowiskach, śmigłowce transportowe w rejonach załadowania desantu i śmigłowce szturmowe na lądowiskach. Ładunki paliwowo-powietrzne używane do niszczenia śmigłowców i ich obsług będą przenoszone przez lotnictwo.

Istotny wpływ na działanie wojsk może wywrzeć dezorganizacja systemu zaopatrywania oraz pracy obiektów i urządzeń tyłowych. Obiekty i urządzenia tyłowe zaś, ze względu na dużą wrażliwość na uderzenia środkami konwencjonalnymi /odkryta siła żywa, duża ilość samochodów, obecność materiałów łatwopalnych i wybuchowych, brak opancerzenia/, mogą być niszczone z dużą efektywnością przy pomocy ładunków paliwowo-powietrznych. Składy MPS i amunicji oraz rejony rozmieszczenia środków transportowych należałoby przy tym traktować jako cele priorytetowe. Ze względu na odległość wymienionych obiektów od przedniego skraju na odległość

kilkudziesięciu i więcej kilometrów mogą one być rażone przez bomby paliwowo-powietrzne zrzucone z samolotów.

Na przyszłym polu walki, obok celów wymienionych i omówionych wyżej, istnieć też będzie wiele innych obiektów, które mogą być i prawdopodobnie będą niszczone przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych. Będą to:

- środki walki - transportery opancerzone, bojowe wozy piechoty, samoloty na lotniskach, okręty, różnego rodzaju środki transportowe oraz inny sprzęt bojowy i pomocniczy;
- mosty pontonowe i przeprawy desantowe;
- przeciwpancerne i przeciwpiechotne pola minowe;
- obiekty fortyfikacyjne typu polowego i stałego;
- obiekty infrastruktury /węzły kolejowe, przejazdy i przepusty, mosty stałe - drogowe i kolejowe, napowietrzne linie energetyczne, telefoniczne, rurociągi, zapory wodne, tamy, śluzy, bazy morskie, magazyny itp./.

Można oczekiwać, że przy użyciu amunicji paliwowo-powietrznej osiągnie się lepsze rezultaty niż przy użyciu artyleryjskiej i lotniczej amunicji konwencjonalnej.

2.5. Wnioski

1. Fala uderzeniowa, powstająca w momencie wybuchu obłoku paliwowo-powietrznego jest głównym czynnikiem rażenia ładunków paliwowo-powietrznych. Nadciśnienia na jej czole są kilka razy większe w porównaniu z nadciśnieniami fali uderzeniowej powstającej po wybuchu amunicji zawierającej klasyczne materiały wybuchowe.

2. Efektywności ładunków paliwowo-powietrznych wystrzeliwanych z dział artyleryjskich i stosowanych w postaci bomb lotniczych są odpowiednio 5 i 6 razy większe w porównaniu z efektywnością klasycznych, konwencjonalnych pocisków artyleryjskich i bomb lotniczych.

3. Efektywność użycia ładunków paliwowo-powietrznych jest, w porównaniu do efektywności ładunków jądrowych małej mocy stosunkowo niska jeżeli rozpatrywać rażenie ludzi i wysoka jeżeli rozpatrywać zniszczenia sprzętu bojowego i urządzeń obromych typu polowego.

4. Fala uderzeniowa powstająca w czasie wybuchu obłoków paliwowo-powietrznych powoduje detonację min przeciwpiechotnych i przeciwczołgowych w promieniu kilku metrów. Ładunki paliwowo-powietrzne mogą więc być wykorzystywane do wykonywania przejść w polach minowych nieprzyjaciela.

5. Ładunki paliwowo-powietrzne mogą być z powodzeniem używane do rażenia siły żywej nieukrytej i ukrytej w sprzęcie bojowym i urządzeniach typu polowego, stanowisk startowych rakiet i stanowisk ogniowych artylerii, lekko opancerzonych wozów bojowych, środków łączności, okrętów wojennych i urządzeń baz morskich, samolotów oraz środków transportowych. Obiektami uderzeń ładunkami paliwowo-

powietrznymi mogą być: pododdziały wojsk zmechanizowanych i rakiety, stanowiska dowodzenia, pododdziały OPL i artylerii, przeprawy oraz obiekty fortyfikacyjne i infrastruktura.

6. Zastosowanie ładunków paliwowo-powietrznych na ewentualnym przyszłym polu walki pozwoli na zwiększenie siły ognia artylerii i lotnictwa. Tym samym zwiększa się możliwość wymienionych rodzajów wojsk oddziaływania ogniowego na nieprzyjaciela.

3. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ŁADUNKÓW PALIWOVO-POWIETRZNYCH W DZIAŁANIACH BOJOWYCH

Z rezultatów badań przedstawionych w rozdziale drugim wynika jednoznacznie, że na przyszłym polu walki istnieją szerokie możliwości użycia ładunków paliwowo-powietrznych. Mogą one z powodzeniem wypełnić lukę, jaka obecnie istnieje między bronią jądrową i konwencjonalnymi środkami rażenia. Ze względu na swoje właściwości rażące mogą być wykorzystywane przez wojska lądowe, marynarkę wojenną i lotnictwo. Szczególnie duże możliwości zastosowania ładunków paliwowo-powietrznych istnieją w działaniach bojowych wojsk lądowych w toku realizacji kompleksu zadań zarówno w działaniach zaczepnych jak i obronnych. Na uwagę zasługuje tu fakt, że nie powodują one powstania stref skażeń i pożarów, jak to ma miejsce w warunkach użycia broni masowego rażenia. Dlatego też w działaniach związanych z ruchem wojsk, opanowywaniem coraz to głębiej położonych rubieży terenowych, prowadzenia walki na kierunkach i w obszarach, na które uprzednio wykonano uderzenia, ładunki paliwowo-powietrzne mogą być szczególnie przydatne. W toku działań zaczepnych kompleks zadań realizowanych przy użyciu ładunków paliwowo-powietrznych jest bardzo szeroki.

Użycie ładunków paliwowo-powietrznych należy wiązać z wykonywaniem dwu zasadniczych grup zadań: po pierwsze - rażenie siły żywej odkrytej i rozmieszczonej w etatowych środkach walki /transportery opancerzone, bojowe wozy piechoty, samochody itp./ oraz sprzętu bojowego typu wyrzutnia raketowa, samolot, okręt, radiostacja itp.; po drugie - niszczenie /pozbawianie wartości użytkowych/ obiektów stałych /różnego typu przeprawy, schrony,

bazy morskie, budynki itp./.. Ponadto ładunki paliwowo-powietrzne mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wykonywania przejść w polach minowych. Przy odpowiednim doborze masy ładunków paliwowo-powietrznych oraz miejsca spowodowania ich eksplozji można uzyskać ciągle /pozbawione całkowicie min/ przejście w polu minowym o pożądanej szerokości i długości. Jak z tego wynika przy pomocy ładunków paliwowo-powietrznych mogą z powodzeniem wykonywać zadania wojska inżynieryjne, przy tym z lepszymi rezultatami.

3.1. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach zaczepnych

W działaniach zaczepnych ładunki paliwowo-powietrzne mogą być użyte, obok innych środków rażenia, w ramach: ogniowego przygotowania ataku, ogniowego wsparcia ataku i ogniowego wsparcia nacierających wojsk podczas walki w głębi obrony nieprzyjaciela.

Ogniowe przygotowanie ataku obejmuje artyleryjskie i lotnicze przygotowanie ataku. Wykonuje się je przed przejściem wojsk do ataku. Może ono być poprzedzone jądrowym przygotowaniem natarcia.

Artyleryjskie przygotowanie ataku wykonuje się w celu obezwładnienia systemu ognia, zdeorganizowania dowodzenia i rozpoznania nieprzyjaciela oraz stworzenia warunków do szybkiego wykorzystania przez nacierające wojska skutków uderzeń jądrowych, ognia artylerii, uderzeń lotnictwa i wykonania zadań bojowych w krótkim czasie. Aby zapewnić dużą skuteczność artylerii, a tym samym powodzenie natarcia, przygotowanie artyleryjskie ataku powinno być w miarę możliwości krótkie, i silne. Wymagania te spełnia się poprzez koncentrację artylerii na odcinkach przełamania i odpowiedni układ ognia artyleryjskiego, pozwalającego w stosunkowo krótkim czasie obezwładnić najważniejsze cele w pasie natarcia na kierunku działania wojsk. Przy przełamaniu wspólczesnej obrony nieprzyjaciela niezbędne jest uzyskanie gęstości artylerii w ilości 90-120 dział na 1 km odcinka przełamania do strzelania ogniem pośrednim z 15 - 20 dział do niszczenia ogniem na wprost. Uzyskanie takiej gęstości jest możliwe. W warunkach zaangażowania całości artylerii nacierającego związku taktycznego oraz większości artylerii armijnej i artylerii drugorzutowych związków taktycznych, a podczas natarcia z rejonu położonego w głębi - również artylerii związku taktycznego będącego

w styczności z nieprzyjacielem. Czasokres artyleryjskiego przygotowania ataku wynosi 20 - 40 minut w wypadku użycia broni jądrowej i 40 - 50 minut i więcej podczas zwalczania nieprzyjaciela konwencjonalnymi środkami rażenia. Użycie ładunków paliwowo-powietrznych przy pomocy artylerii pozwoli zmniejszyć ilość dział na odcinku przełamania oraz skrócić czas artyleryjskiego przygotowania ataku. Są to niepodważalne korzyści o charakterze taktyczno-operacyjnym i materiałowo-zaopatrzeniowym.

Lotnicze przygotowanie ataku wykonuje się w celu obezwładnienia lub zniszczenia obiektów /celów/ nieprzyjaciela nie rażonych uderzeniami wojsk raketowych i artylerii. Lotnictwo wykonuje uderzenia na obiekty /cele/ znajdujące się w ruchu lub rozmieszczone poza granicą zasięgu ognia artylerii. Obiektami niszczo-nymi przez lotnictwo są taktyczne środki napadu jądrowego, baterie, artylerii, stanowiska dowodzenia, węzły łączności, środki radio-techniczne, urządzenia tylowe itp.

Zadania te lotnictwo wykonuje z reguły według planu związku operacyjnego opracowanego w oparciu o przydzielony mu limit lotnictwa. Jeżeli przyjąć, że 50% lotnictwa będzie wykorzystywać ładunki paliwowo-powietrzne to do wykonania tych samych zadań można będzie wydzielić 4-krotnie mniej samolotów.

Ogniove wsparcie ataku obejmuje artyleryjskie i lotnicze wsparcie ataku. Wykonuje się je w celu wzbronienia nieprzyjacielowi odtworzenia naruszonego systemu ognia dowodzenia, rozpoznania i stworzenia warunków oddziałom zmechanizowanym i czołgom do szybkiego wykorzystania skutków ogniowego przygotowania ataku i całkowitego rozbicia jego głównego zgrupowania poprzez obezwładnienie i zniszczenie nowowykrytych i dotychczas skutecznie nie obezwładnionych środków napadu jądrowego, samolotów na lotniskach, siły

żywej, środków przeciwpancernych i innych środków ogniowych nieprzyjaciela w punktach oporu i poza nimi, środków obrony przeciwlotniczej, stanowisk dowodzenia, środków radioelektronicznych i odwodów oraz manewru nimi.

Artyleryjskie wsparcie ataku wykonuje się metodą kolejnych ześrodkowań ognia /pojedynczych lub podwójnych/, wału ogniowego /pojedynczego lub podwójnego/, ześrodkowań ognia w połączeniu z ogniem do pojedynczych celów oraz różnego połączenia tych rodzajów ognia.

Do wykonania artyleryjskiego wsparcia ataku metodą kolejnych ześrodkowań ognia niezbędne są 2 - 3 dywizjony /36 - 54 dział/ na 1 km frontu przełamania. Jeżeli przyjąć, że 50% artylerii prowadzioby ogień pociskami z ładunkami paliwowo-powietrznymi potrzeby artylerii do wykonania tych zadań można zmniejszyć do jednego dywizjonu /18 dział na 1 km odcinka przełamania lub też zrezygnować z tej metody artyleryjskiego wsparcia ataku na korzyść wału ogniowego. Wał ogniowy stosuje się w przypadku dostatecznej ilości artylerii i amunicji, kiedy obrona nieprzyjaciela jest silnie rozbudowana. Do wykonania pojedynczego wału ogniowego należy wydzielić 60 - 80 dział na 1 km frontu. Jeżeli przyjąć, że 50% artylerii prowadzioby ogień pociskami paliwowo-powietrznymi to liczbę dział do wykonania tych samych zadań można by zmniejszyć:

- do wykonania pojedynczego wału ogniowego do 20-30 dział na 1 km frontu;
- do wykonania podwójnego wału ogniowego do 30-60 dział na 1 km frontu.

Lotnicze wsparcie ataku rozpoczyna się z chwilą przejścia wojsk do ataku. W tym okresie lotnictwo we współdziałaniu

z wojskami raketowymi i artylerią wykonuje uderzenia na nowo-
wykryte środki napadu jądrowego nieprzyjaciela, artylerię, sta-
nowiska dowodzenia, węzły łączności, środki radioelektroniczne,
odwody oraz inne ruchome i małowymiarowe cele. Zadania te lotni-
ctwo wykonuje z reguły na zapotrzebowanie związków operacyjnych
i taktycznych. Jeżeli przyjmimy, że 50% samolotów będzie wykony-
wać zadania przy pomocy bomb z ładunkami paliwowo-powietrznymi
to możliwości zwalczania celów wydzielonym limitem lotnictwa wzros-
ną sześciokrotnie.

Ogniowe wsparcie wojsk podczas walki, w głębi obrony nieprzy-
jaciela obejmuje wsparcie lotnicze i artyleryjskie. Prowadzi się
je na całą głębokość zadania bojowego dywizji pierwszego rzutu.

Artyleryjskie wsparcie nacierających wojsk polega na silnym
oddziaływaniu ogniem artylerii i uderzeniami raketowymi z ła-
dunkami jądrowymi i konwencjonalnymi na nieprzyjaciela. W tym
czasie artylerią obezwładnia i niszczy na kolejnych rubieżach
nieprzyjaciela stawiającego opór nacierającym wojskom i wspólnie
z wojskami zmechanizowanymi i pancernymi odpiera kontrataki
jego odwodów, wsociera wprowadzone do walki drugie rzuty i odwody,
wspiera wojska w czasie forsowania przeszkód wodnych, zabezpiecza
przelot, wysadzenie i działania bojowe desantów taktycznych,
osłonia luki i skrzydła oraz uchwycone obiekty i rubieże. W niek-
tórych przypadkach walki w głębi obrony nieprzyjaciela /opanowa-
nie miasta, forsowanie przeszkody wodnej, wprowadzenie do walki
drugiego rzutu, likwidacja okrążonego zgrupowania nieprzyjaciela/
wsparcie natarcia walczących wojsk może przerodzić się w ponowne
wykonanie artyleryjskiego przygotowania i wsparcia ataku.

Jednocześnie w okresie tym poważnie zmniejszają się możliwości
artylerii wykonania zadań. Wymienione wyżej zadania w związku

z tym z zasady wykrywane są siłami artylerii organicznej związków taktycznych i artylerii wzmocnienia. Możliwości wykorzystania artylerii sąsiednich i drugorzutowych związków taktycznych są bowiem ograniczone. Ze względu na konieczność dokonywania częstych zmian stanowisk ogniowych część artylerii będzie znajdować się w ruchu, co dodatkowo obniża jej gęstość na określonych odcinkach frontu. Ograniczenie możliwości ogniowych artylerii może w tym okresie wynikać również z zakłóceń w dostawie amunicji artyleryjskiej. W okresie tym szczególnie uwydatniają się więc korzyści z zastosowania ładunków paliwowo-powietrznych. Użycie ich pozwala złagodzić "deficyt" artylerii w rozstrzygających momentach walki i przyczynia się do zmniejszenia potrzeb transportowych w zakresie dowozu amunicji. Użycie ich może w konsekwencji wpłynąć na zwiększenie tempa natarcia lub wykonanie określonych zadań bojowych mniejszymi siłami.

Lotnicze wsparcie nacierających wojsk polega na wykonaniu uderzeń na nowo wykryte środki napadu jądrowego, artylerię, samoloty na lotniskach, stanowiska dowodzenia, węzły łączności, siłę żywą i środki ogniowe w punktach oporu na kierunkach działania sił głównych pierwszego rzutu oraz na podchodzące lub przygotowujące się do kontrataku odwody nieprzyjaciela. Zadania te lotnictwo z reguły wykonuje na zapotrzebowanie związków taktycznych. Użycie bomb paliwowo-powietrznych poważnie zwiększy możliwości lotnictwa zwalczania celów w ramach wydzielonego limitu.

3.2. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach obronnych

W działaniach obronnych ładunki paliwowo-powietrzne mogą być używane do wykonania kolejnych zadań realizowanych przez broniące się wojska: zwalczanie zgrupowań wojsk nieprzyjaciela na podejściach do obrony, wykonywanie kontrprzygotowania, walka o taktyczną strefę obrony i wykonywanie kontrataków oraz przeciwuderzeń.

Ładunki paliwowo-powietrzne mogą być używane przez artylerię i lotnictwo w ramach ogólnego systemu ognia obejmującego ogień artylerii i lotnictwa powiązany z ogniem czołgów, broni strzeleckiej oraz systemem zapór i przeszkód naturalnych.

Artyleria wykonuje zadania prowadząc ogień pośredni i ogień na wprost. Stosuje przy tym ogień zmasowany, ześrodkowany i zaporowy, kolejne ześrodkowania ognia i ogień do pojedynczych celów. Zmasowany ogień artylerii stosuje się w ramach kontrprzygotowania w celu zwalczania natarcia nieprzyjaciela oraz w toku artyleryjskiego przygotowania i wsparcia przeciwuderzeń /kontrataków/. Ogień artylerii planuje się wykonywać na najważniejszych odcinkach terenu, na dalekich podejściach do obrony przed przednim skrajem i w głębi obrony. W celu osiągnięcia niezbędnej gęstości obezwładnienia nacierającego nieprzyjaciela, w krótkim czasie, na określonym kierunku lub odcinku zagrożenia przewiduje się szeroki manewr oddziałami /pododdziałami/ artylerii i ich ogniem. Mimo to skuteczne obezwładnienie nieprzyjaciela nie zawsze jest możliwe.

Sytuację powyższą może poprawić użycie przez artylerię ładunków paliwowo-powietrznych, których efektywność jest 5-krotnie większa.

Duży wpływ na trwałość obrony wywiera lotnictwo. Uderzenia lotnicze są wykonywane na kolumny nieorzyjaciela na dalekich podejściach, podczas rozwijania się ich w ugrupowanie przedbojowe i bojowe, przed przednim skrajem i podczas walki w głębi obrony. Mimo dużej skuteczności lotnictwa w zwalczaniu celów małowymier-nych i ruchomych nie jest ono w stanie zabezpieczyć wszystkich potrzeb. Wyposażenie lotnictwa w bomby paliwowo-powietrzne zwiększy kilka razy efektywność bombardowania, a przez to ułatwi prowadzenie działań obronnych.

3.3. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach desantowych

W toku działań desantowych ładunki paliwowo-powietrzne mogą być używane przez artylerię i lotnictwo. Wymienione rodzaje wojsk mogą wykonywać uderzenia ładunkami paliwowo-powietrznymi w czasie przejścia desantu morzem, w czasie lądowania i podczas walki na uchwyconym brzegu.

W czasie przejścia desantu morzem ładunki paliwowo-powietrzne może używać lotnictwo do niszczenia i obezwładniania nieprzyjacielskich środków przenoszenia broni masowego rażenia, okrętów nawodnych i podwodnych oraz innych sił i środków obrony przeciwdesantowej.

W czasie lądowania desantu ładunki paliwowo-powietrzne mogą być użyte przez lotnictwo i artylerię marynarki wojennej w ramach ogniowego przygotowania i wsparcia desantu. Ponadto ładunki te mogą być wykorzystane przez marynarkę wojenną do wykonania przejść w zaporach przeciwdesantowych na wodzie i plaży.

W czasie walki desantu na uchwyconym brzegu ładunki paliwowo-powietrzne mogą być użyte przez artylerię i lotnictwo analogicznie jak w natarciu.

3.4. Możliwości wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach powietrzno-desantowych

W działaniach powietrzno-desantowych ładunki paliwowo-powietrzne mogą być użyte przez artylerię i lotnictwo do rażenia wojsk nieprzyjaciela, znajdujących się na trasie przelotu, w rejonie zrzutu /wysadzenia/ desantu oraz rejonach położonych w pobliżu. Obiektami tych uderzeń będą przede wszystkim: środki obrony przeciwlotniczej, punkty oporu nieprzyjaciela i jego odwody. Główne zadania w tym zakresie przypadają lotnictwu, które używane jest według planu dowódcy związku operacyjnego, kierującego wysadzeniem i działaniem desantu. Użycie ładunków paliwowo-powietrznych przez lotnictwo zwiększy kilkakrotnie jego efektywność w zwalczaniu celów naziemnych. Ładunki paliwowo-powietrzne mogą być też użyte przez śmigłowce lotnictwa wojsk lądowych do oczyszczania terenu z roślinności, w celu przygotowania lądowisk dla śmigłowców transportowych.

Bezpośrednio przed lądowaniem desantu na tyłach nieprzyjaciela wspierające lotnictwo może wykonać uderzenie przy pomocy ładunków paliwowo-powietrznych na pododdziały artylerii, artylerii i rakiet przeciwlotniczych oraz odwody nieprzyjaciela znajdujące się w pobliżu rejonu desantowania.

Działania desantowe na tyłach nieprzyjaciela mogą być wspierane przez lotnictwo, działające z położenia dyżurowania na lotniskach i w powietrzu. Może i powinno ono stosować amunicję paliwowo-powietrzną. W okresie tym ładunki paliwowo-powietrzne mogą być również użyte przez artylerię działającą w składzie desantu. Efektywność artyleryjskich i lotniczych uderzeń ładunkami paliwowo-powietrznymi będzie kilkakrotnie większa niż w przypadku

użycia municji klasycznej. Wynika z powyższego, że w warunkach
użycia ładunków paliwowo-powietrznych będzie można osiągnąć
podobne efekty przy mniejszym zużyciu amunicji. Ma to bardzo
istotne znaczenie dla wojsk działających w charakterze desantu.

3.5. Wnioski

Przeprowadzona ocena możliwości użycia ładunków paliwowo-powietrznych upoważnia do sprecyzowania następujących wniosków:

1. Amunicja paliwowo-powietrzna może być wykorzystana w różnych rodzajach działań bojowych i w różnych warunkach ich prowadzenia /na lądzie, morzu i w powietrzu/ przez wojska lądowe, lotnictwo i marynarkę wojenną.

2. Stosujący amunicję paliwowo-powietrzną osiągnie najlepsze efekty w przypadku jej zastosowania do:

- wsparcia działań wojsk zmechanizowanych i pancernych podczas przełamywania obrony nieprzyjaciela, rozwijania powodzenia w głębi ugrupowania nieprzyjaciela, zwalczania jego odwodów, wspierania kontrataków i przeciwuderzeń;
- zabezpieczenia walki o uzyskanie przewagi ogniowej oraz korzystnego stosunku sił w określonych rejonach i na wybranych kierunkach;
- zabezpieczenia działań desantów powietrznych i morskich oraz działań lotnictwa i marynarki wojennej;
- dezorganizacji systemu dowodzenia i zaopatrywania nieprzyjaciela.

3. W rezultacie użycia amunicji paliwowo-powietrznej osiąga się ewidentne korzyści w postaci wykonania zadania przy użyciu mniejszej ilości sił lub mniejszej ilości amunicji.

WNIOSKI OGÓLNE

Prace rozwojowe w dziedzinie amunicji paliwowo-powietrznej prowadzone są od dwudziestu lat. Doprowadziły one na razie do skonstruowania bomb paliwowo-powietrznych oraz ładunków używanych do wykonywania przejść w polach minowych. Znajdują się one dziś w wyposażeniu wojsk lądowych, sił powietrznych, marynarki wojennej armii NATO. Bomby paliwowo-powietrzne były z powodzeniem wypróbowane w działaniach bojowych w Wietnamie, przy czym okazało się, że są one skutecznym środkiem rażenia celów powierzchniowych. Eksperci NATO widzą celowość szerokiego wykorzystania ładunków paliwowo-powietrznych do rażenia siły żywej nieukrytej i ukrytej w sprzęcie bojowym i ukryciach typu polowego, okrętów i samolotów, urządzeń lotniskowych i urządzeń baz morskich, mostów pontonowych, wozów bojowych i samochodów oraz do wykonywania przejść w polach minowych. Wprowadzenie do uzbrojenia wojsk NATO amunicji paliwowo-powietrznej zwiększa znacznie możliwości rażenia lotnictwa taktycznego i pokładowego, a tym samym wsparcia wojsk lądowych. Zwiększa również możliwości wojsk w zakresie wykonywania przejść w polach minowych. Nic więc dziwnego, że w USA kontynuowane są intensywne prace mające na celu doskonalenie mieszanek paliwowo-powietrznych, amunicji oraz środków jej przenoszenia do celu. W ramach doskonalenia mieszanek paliwowo-powietrznych poszukuje się receptur o wyższych parametrach energetycznych, trwałych, stabilnych w czasie transportu i przechowywania. Poszerza się arsenał amunicji paliwowo-powietrznej o nowe rodzaje bomb i ładunków. Można oczekiwać, że w najbliższych latach powiększy się on o pociski artyleryjskie i być może moździerzowe. Amunicja paliwowo-powietrzna jest 5-6 krotnie efektywniejsza od amunicji odłamkowo-burzącej. W przypadku jej

wykorzystania zadanie może być wykonane przy użyciu mniejszej ilości amunicji a co za tym idzie mniejszej ilości środków jej przenoszenia. Jest amunicja paliwowo-powietrzna znacznie silniejsza od amunicji konwencjonalnej swoimi właściwościami rażącymi, szczególnie w stosunku do ludzi, nie dorównuje jednak amunicji jądrowej małej mocy. Tym niemniej wypełnia ona lukę jaka istnieje między amunicją konwencjonalną i bronią jądrową małej mocy.

Dzięki swym właściwościom rażącym amunicja paliwowo-powietrzna może być używana w różnych rodzajach działań bojowych i w różnych warunkach ich prowadzenia siłami wojsk lądowych, lotnictwa i marynarki wojennej. W związku z tym, że amunicja paliwowo-powietrzna posiada wyższe właściwości rażące w stosunku do amunicji odłamkowo-burzącej celowe byłoby podjęcie prac nad jej skonstruowaniem w naszym kraju. Podstawowe wymagania taktyczno-techniczne jakim powinny ona odpowiadać są następujące:

1. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny stanowić ogniwo pośrednie pomiędzy ładunkami jądrowymi małej mocy i ładunkami konwencjonalnymi. Z tej racji powinny znacznie przewyższać skutecznością rażenia te ostatnie /3-5 razy/. Z różnorodnych możliwości ich zastosowania wynika konieczność ich występowania w kilku zvariantowanych wielkościach stanowiących określony ekwiwalent innych środków rażenia. Wskaźnikami określającymi wielkości tych ładunków mogą być promienie ich rażącego działania. Powinny one mieścić się w przedziałach 50-250 metrów, przy czym nadciśnienie fali uderzeniowej w tych granicach powinno osiągać wartość 20 kg/cm^2 .

2. Ładunki paliwowo-powietrzne użyte pojedynczo lub grupowo powinny zapewnić realizację określonego zadania taktycznego tj.

obezwładnienie lub zniszczenie określonego celu, którym może być: plutonowy punkt oporu, SD oddziału lub SDO dowódcy batalionu /równorzędne/, stanowisko kierowania OPL, różnego typu polowe urządzenia obronne, ładunki paliwowo-powietrzne powinny również zapewnić możliwość wykonania przejść w zaporach inżynieryjnych a szczególnie w konwencjonalnych zaporach minowych. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny więc posiadać cechy i właściwości uniwersalnego środka rażenia ludzi, sprzętu bojowego i urządzeń obronnych.

Szczególną rolę ładunki paliwowo-powietrzne powinny spełniać przy wykonywaniu przejść w konwencjonalnych zaporach minowych, zarówno na lądzie jak i pod wodą /do głębokości 2-3 m/. Wynika to z faktu szerokiego zastosowania w technice minowania naszych potencjalnych przeciwników środków mechanizacji, w tym systemów zdalnego minowania, umożliwiających im ustawianie rozległych zapór minowych, praktycznie w dowolnej chwili i etapie walki. Okoliczności te spowodują, że rozpoznanie zapór minowych zawczasu, przed działaniami, będzie niemożliwe. Rozpoznanie będzie prowadzone w związku z tym równocześnie z natarciem wojsk, bez wyprzedzenia czasowego.

Środki minowania znajdujące się już w armiach NATO oraz nowe środki, które mogą pojawiać się w wojskach w najbliższej przyszłości stwarzają realną możliwość postawienia zapór minowych w dowolnym miejscu, w tym także na obszarze zajmowanym przez nasze wojska. Wynika z powyższego, że wojska będą pokonywać zapory minowe nie tylko w toku natarcia ale również na drogach marszu i rubieżach rozwijania.

Z analizy potrzeb taktycznych wynika, że czas wykonania przejścia w zaporach minowych powinien być krótszy od czasu

trwania ogniowego przygotowania natarcia /OPN/. Oznacza to, że nie powinien on przekraczać 20-40 minut w warunkach użycia MMR i 40-50 minut bez jej użycia.

W świetle zagrożenia masowym użyciem min na przyszłym polu walki staje się niezbędne by podstawowy pododdział ogólnowojskowy /bp, bcz/ miał możliwość wykonania szybko, w warunkach nierozpoznanego pola minowego 2-3 przejść o szerokości 4-6 m dla ruchu jednokierunkowego i nie mniej jak jedno przejście o szerokości 10-12 m dla ruchu dwukierunkowego; każde o długości 300-500 m. Przejścia powinny być wykonywane w czasie rzędu kilku minut. Spełnienie tego wymogu pozwoli na wykorzystanie wysokiej ruchliwości wozów bojowych, utrudni nieprzyjacielowi przeciwdziałanie, odwodami na kierunku przejścia. Zadania tego typu można wykonać wyłącznie metodą wybuchową, a uwzględniając charakter minowania, szerokość potrzebnych przejść oraz wymagania taktyczne odnośnie warunków i szybkości ich wykonania raczej tylko przy pomocy ładunków paliwowo-powietrznych. Ładunki te dla potrzeb wykonania przejść w zaporach minowych metodą wybuchową powinny posiadać masę 10-30 kg. Środki przenoszenia tych ładunków powinny być mobilne, zdolne do pokonania różnorodnych przeszkód terenowych. Powinny one umożliwiać wystrzeliwanie takiej ilości ładunków, która zapewni wykonanie przejścia o długości 300-500 m, szerokości 4-6 lub 10-12 m, na odległość 1-3 km. Konstrukcja sprzętu i sposób jego użycia powinny zapewnić bezpieczeństwo obsłudze środka, możliwość zastosowania systemu w każdych warunkach terenowych, niezależnie od rodzaju gruntu, konfiguracji terenu i jego pokrycia oraz rodzaju zastosowanych min i głębokości zapory.

3. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny charakteryzować się łatwością i prostotą użycia. Wynika z tego potrzeba posiadania

środków przenoszenia ładunków, które umożliwiłyby zastosowanie pojedynczych ładunków na określone cele, zarówno punktowe jak i powierzchniowe, znajdujące się w odległości 0,5 - 15 km i więcej od rubieży styczności bojowej wojsk. Środkami przenoszenia ładunków paliwowo-powietrznych mogą być moździerze dużych kalibrów wielolufowe wyrzutnie artylerii raketowej, artyleria klasyczna dużych kalibrów /powyżej 122 mm/, odpowiednio adaptowane saperskie wyrzutnie ładunków wydłużonych, specjalne wyrzutnie o zasięgu 1-3 km, samoloty myśliwsko-bombowe i bombowe.

4. Amunicja paliwowo-powietrzna powinna powodować możliwie małe skutki wtórne, takie jak: zniszczenie terenu, pożary itp.

5. Amunicja paliwowo-powietrzna powinna posiadać niezmienną lub prawie niezmienną efektywność rażącego działania podczas użycia w różnych porach roku i warunkach atmosferycznych, w przedziałach temperatur powietrza występujących na ETDW.

6. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny występować w postaci amunicji do istniejących lub odpowiednio adaptowanych środków przenoszenia.

7. Konstrukcja ładunków paliwowo-powietrznych oraz stosowane substancje wybuchowe /paliwo lub ich mieszaniny/ powinny gwarantować bezpieczeństwo w okresie magazynowania i transportu, pełną sprawność techniczną po długotrwałym przechowywaniu, a równocześnie zachowanie właściwości balistycznych amunicji. Ewentualne miny fugasowe powinny być przystosowane do różnych systemów zapłonu, w tym również do zapłonu ze zdalnym sterowaniem.

8. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny się charakteryzować dużą dokładnością umiejscowienia punktu zainicjowania wybuchu.

Odchylenie boczne od przewidywanego punktu wybuchu nie powinno przekraczać, przy strzelaniu na odległość do 1000 m, odległości rzędu 2 m, a przy strzelaniu na dalsze odległości 3 m.

9. Amunicja paliwowo-powietrzna powinna być elaborowana fabrycznie i odpowiednio oznakowana.

10. Ładunki paliwowo-powietrzne powinny wejść w skład jednostki ognia.

CHARAKTERYSTYKA ŁADUNKÓW PALIWOWO-POWIETRZNYCH
STOSOWANYCH PRZEZ SIŁY POWIETRZNE ARMII USA

Siły powietrzne armii USA posiadają w swym wyposażeniu bomby paliwowo-powietrzne typu BLU-73, BLU-76 oraz kasety CBU-55B i CBU-72. Bomby paliwowo-powietrzne BLU-73 i BLU-76 mogą być przenoszone do celu przez śmigłowce Bell UH-1, Sikorsky CH-53 i Boeing Vertol CH-46 oraz samoloty sił morskich Skayraider i sił powietrznych P-4 Phantom, zaś kasety CBU-72 przez samoloty A-4 i A7E Corsair.

BLU-73 - 100 funtowe bomby lotnicze były od 1967 roku używane przez lotnictwo amerykańskie wspierające piechotę morską w Wietnamie. Są wypełnione tlenkiem etylenu, który po upadku bomby przechodzi ze stanu ciekłego w aerozol i wybucha w wyniku działania specjalnego detonatora. Każda bomba zawiera 33,5 kg tlenku etylenu. Po wydostaniu się z korpusu bomby tworzy on obłok aerozolowy o średnicy 15 m i wysokości do 3 m. Wybuch aerozolu następuje po 4 sekundach od momentu powstania.

BLU-76 - 1000 funtowe bomby lotnicze zawierające wewnątrz 453 kg tlenku etylenu. W jej korpusie mieszczą się spadochrony hamujące i detonatory obłoku paliwowo-powietrznego, działające z opóźnieniem około 4sekundowym. Bomby są przeznaczone do zrzutu z samolotów typu F-4 Phantom.

Bomba kasetowa CBU-55B - jest 500 funtowym pojemnikiem o wymiarach: 2,4 m - długość i 0,345 m - średnica. Napełniona kasetą waży 227 kg. Kasetę napełnia się trzema 100 funtowymi cylindrycznymi zbiornikami o średnicy 0,345 m i długości 0,53 m. Każdy zbiornik zawiera 32,7 kg skroplonej mieszaniny

lekkich węglowodorów łańcuchowych /metyloacetylen, propo-
lien, propan i dodatki butanu/ oraz tlenków etylenu i propylenu.

Po zrzuceniu kasety zbiorniki rozdzielają się i opadają swo-
bodnie. Bezpośrednio nad ziemią otwierają się spadochrony hamu-
jące. Po napotkaniu przeszkody detonuje pierwszy zapalnik i
ładunki miotające, które całą zawartość zbiorników zamieniają
w aerozol. Po upływie 125 mikrosekund detonuje drugi zapalnik
powodując eksplozję całego obłoku aerozolu o średnicy 15-16 m
i wysokości obłoku 2-3,7 m. Eksplozja obłoku powoduje powstanie
fali uderzeniowej, przy czym nadciśnienie na jej czole w promie-
niu 15 m wynosi ponad $20 \text{ kg/cm}^2 / 2 \text{ MP}_a$.

Wartość nadciśnienia w miarę wzrostu odległości maleje
bardzo szybko. Pomimo tego, promień rażenia ludzi nieukrytych
wynosi kilkadziesiąt metrów. Zrzucając ze śmigłowca lub samolotu
dwie kasety CBU-55B można wykonać przejście w przeciwczołgowym
polu minowym w pasie o szerokości 8-10m i długości do 100 m.

Bomba kasetowa CBU-72B jest bombą paliwowo-powietrzną drugiej
generacji, przystosowaną do zrzucania z samolotów odrzutowych.

CHARAKTERYSTYKA ŁADUNKÓW PALIOWO-POWIETRZNYCH
STOSOWANYCH PRZEZ WOJSKA LĄDOWE USA

Wojska lądowe posiadają specjalistyczne ładunki paliwowo-powietrzne przeznaczone do wykonywania przejść w polach minowych. Ładunki te są wystrzeliwane ze specjalnej wyrzutni raketowej. Dane taktyczno-techniczne wystrzeliwanych pocisków paliwowo-powietrznych są następujące:

- ciężar całkowity pocisku	-	87,1 kg
- ciężar paliwa	-	38,5 kg
- ciężar paliwa raketowego	-	5,4 kg
- ciężar ładunku rozrywającego głowicę	-	0,45 kg
- średnia siła ciągu	-	3970 kg
- maksymalna siła ciągu	-	5000 kg
- impuls całkowity	-	1200 kg
- zasięg maksymalny	-	1000 kg
- zasięg minimalny	-	300 kg

Ciekły materiał wybuchowy wypełniająca cienkościenną głowicę pocisku raketowego, po zetknięciu się z przeszkodą i pęknięciu głowicy zmienia się w "chmurę" aerozolu. W wyniku jej detonacji następują wybuchy min przeciwlotniczych i przeciwczołgowych ustawionych w gruncie i na powierzchni ziemi, wybuchy min pułapek i min o działaniu magnetycznym, a nawet min ustawionych pod wodą na głębokości ponad 2 metry.

Ładunki paliwowo-powietrzne są wystrzeliwane przy pomocy zestawu zamontowanego na pojeździe gaśnicowym M 548.

Zestaw składa się z 30 przewodnic, mechanizmów naprowadzania

wyrzutni oraz urządzenia kontrolującego działanie wyrzutni i częstotliwość wystrzeliwania pocisków raketowych. Pojazd gąsienicowy M 548, na którym jest umieszczona wyrzutnia, może pokonywać przeszkody terenowe, i szerokie przeszkody wodne.

Mechanizm naprowadzania wyrzutni pozwala na podniesienie prowadnic do $+30^{\circ}$ w ciągu 30 sekund i opuszczenie ich do położenia marszowego w ciągu 20 sekund. W przypadku uszkodzenia mechanizmu kąta podniesienia, można wyregulować ręcznie. Urządzenie kontrolne pozwala na wystrzeliwanie pocisków pojedynczo lub seriami. Pociski mogą być wystrzeliwane w odstępach 1 - 5 sekund.

Pocisk raketowy składa się z cienkościennej głowicy zawierającej 38,5 kg płynnego tlenu propylenu, centralnego ładunku przeznaczonego do rozerwania ścianek głowicy, detonatorów obłoku aerozolu, zapalnika elektrycznego, listkowego zapalnika sondy, raketowego silnika napędowego, statecznika pierścieniowego i spadochronu poprzecznego.

Elektryczny zapalnik czasowy łączy funkcję zapalnika mechanicznego, powodującego rozwinięcie stabilizatora spadochronowego oraz zapalnika sondy. Ten ostatni inicjuje wybuch ładunku rozrywającego głowicę i w konsekwencji powoduje rozproszenie ciekłego materiału wybuchowego w momencie zetknięcia się listka sondy z przeszkodą. Zmienny czas działania zapalnika regulowany jest przez miernik odstępów czasu, który precyzyjnie ustala i kontroluje czas opóźnienia między zadziałaniem zapalnika startu silnika raketowego i wystrzeleniem pocisku. Zapalnik działa zawsze 12 sekund, a pociski są opóźniane w prowadnicach wyrzutni w celu dokładnego umiejscowienia ich w terenie i właściwego rozmieszczenia wzdłuż wykonywanego przejścia. Na przykład

podczas wystrzeliwania pocisku na odległość 1000 m pocisk opóźniony jest na wyrzutni przez 2,8 sekundy po czym następuje uruchomienie silnika raketowego i lot pocisku w ciągu 9,2 sekundy do momentu rozwinięcia się spadochronu. Natomiast podczas wystrzeliwania pocisków na odległość 300 m opóźnienie pocisku na wyrzutni wynosi 11 sekund, a czas lotu pocisku do momentu rozwinięcia się spadochronu wynosi 1 sekundę. W momencie rozwinięcia się spadochronu i zmniejszenia prędkości lotu pocisku przed głowicę /na odległość 180 cm/ wysuwa się zapalnik sondy.

Sonda służy do uruchomienia zapalnika, który powoduje wybuch ładunku rozrywającego ścianki głowicy i rozproszenie całego materiału wybuchowego w momencie gdy pocisk znajduje się tuż nad ziemią. Zapobiega to zniszczeniu precyzyjnych urządzeń głowicy w przypadku uderzenia o ziemię. Po rozerwaniu głowicy nad powierzchnią gruntu tworzy się obłok aerozolu o wymiarach: średnica - 16 m, wysokość 3,6 m. Wybuch obłoku powodują detonatory umieszczone na zewnętrznej stronie tylnej membrany głowicy.

Salwą jednej wyrzutni /30 pocisków/ można wykonać przejście o szerokości 12 m w 300 metrowym polu minowym. W celu zapewnienia likwidacji wszystkich min strefy rażenia powstałe w wyniku detonacji obłoków gazowych od poszczególnych pocisków muszą zazębiać się i tworzyć ciągłą strefę.

Z danych literaturowych wynika, że uchylenia wszczep mogą dochodzić do 2,4 m, a w głąb do 1,7 m na długości 300 metrowego pola. Główną przyczyną uchyleń jest niewspółosiowość siły ciągu silnika raketowego. W celu wyrównania współosiowości siły ciągu zapewniono odprzednie mocowanie silnika i maksymalnie skrócono czas palenia się paliwa napędowego. Obecnie stosowany silnik raketowy zawiera 5,4 kg szybko spalającego się paliwa raketowego

umieszczonego w cylindrze o średnicy 127 mm. Kombinacja siły ciągu i czasu palenia się paliwa raketowego zmniejsza do minimum błąd odchylenia spowodowany niewspółosiowością siły ciągu.

Zwiększenie efektywności detonacji obłoku aerozolowego /w stosunku do początkowych prototypów pocisku/ uzyskano poprzez zmianę pierścieniowego spadochronu szczelinowego na poprzeczny spadochron rozwijany ze stabilizatora statecznika pionowego. W rezultacie występuje zjawisko "ciągnięcia się" spadochronu za pociskiem, co zwiększa jego stabilność w trakcie zwalniania lotu i eliminuje niepożądane działanie sprężonego powietrza pod spadochronem pierścieniowym. Przy stosowaniu wcześniejszych rozwiązań pod spadochronem tworzyła się poduszka sprężonego powietrza, która siłą pędu uderzała w obłok aerozolu rozrzedzając jego centrum.

Innym usprawnieniem było rozszerzenie zakresu temperatur od -32° do $+51^{\circ}\text{C}$, w zakresie których efekt działania aerozolu jest niezawodny, a urządzenia techniczne działają normalnie.

Wyrzutnie ukierunkowuje się przy pomocy standardowego kompasu, natomiast odległość do pola minowego określana jest za pomocą przenośnego dalmierza. Przejście w polu minowym przy pomocy omówionego wyżej zestawu wykonuje się w ciągu 3-5 minut. Zestaw obsługuje 4 żołnierzy saperów /w tym jeden podoficer/.

CHARAKTERYSTYKA AMERYKAŃSKICH PROGRAMÓW ROZWOJU
ŁADUNKÓW PALIOWO-POWIETRZNYCH

W oparciu o dane literaturowe można stwierdzić, że w Stanach Zjednoczonych realizowanych jest kilka programów związanych z rozwojem ładunków paliowo-powietrznych. Są wśród nich programy oznaczone skrótowo FAESHED, SLUFAB, LANDFAE i inne.

Program FAESHED /Fuel Air Explosive System Helicopter Delivered/ nazywany jest śmigłowcowym systemem stosowania ładunków paliowo-powietrznych. Przedmiotem tego programu było opracowanie urządzenia dla śmigłowców Bell UH1 do przenoszenia i zrzutu bomb kasetowych z ładunkami paliowo-powietrznymi. Śmigłowiec ten może przenosić dwie takie bomby kasetowe o ciężarze 227 kg każda. W ramach programu dopracowywano także warunki bezpieczeństwa związane ze zrzucaniem ze śmigłowców ładunków paliowo-powietrznych. Już w roku 1975 rozpoczęto pierwszą seryjną produkcję sprzętu do zrzutu bomb kasetowych według tego systemu.

Program SLUFAB /Surface Launch Unit Fuel Air Explosive/ związany jest z opracowaniem wyrzutni pocisków paliowo-powietrznych przeznaczonych do rozminowania. Jej parametry taktyczno-techniczne i zasadę działania przedstawiono w załączniku nr 2. Wiadomo, że obecnie prowadzone są dalsze prace nad ulepszeniem urządzenia SLUFAB. Opracowywany jest zapalnik elektroniczny, który ma obejmować mechaniczny zapalnik czasowy, wyzwalający spadochron, zapalnik sztabkowy powodujący wybuch centralnego ładunku rozrywającego jak również pirotechniczny zapalnik działający z opóźnieniem.

Program LANDFAE /Large Area Nozzle Delivered Fuel Air Explosive/ obejmuje prace nad systemem rozminowania przy wykorzystaniu ładunków paliwowo-powietrznych wystrzeliwanych ze zmodernizowanych czołgowych miotaczy ognia M67 AZ. Ma to być czołg z krótką dyszą rurową, która służy do wyrzucania z wysokociśnieniowego zbiornika paliwa i jego rozpylania nad polem minowym. Wytworzony obłok paliwowo-powietrzny zapala się. Następuje detonacja mieszanki, która z kolei powoduje wybuch min znajdujących się w terenie. Przy pierwszych próbach po jednym wytrysku paliwa uzyskiwano w polu minowym przejście o wystarczającej szerokości i długości 26-m. Aby przedłużyć przejście czołg-miotacz ognia powinien wjechać w nie i po kilku sekundach wyrzucić następny strumień paliwa. Widzi się możliwość przedłużenia odległości strzału przez zwiększenie ciśnienia wyrzutu paliwa i zmianę kształtu dyszy. Przewiduje się, że w przyszłości standardowe czołgi zostaną wyposażone w urządzenie LANDFAE, a to znacznie zwiększy samodzielność jednostek pancernych w zakresie pokonywania zapór minowych.

Program FAX obejmuje prace związane z opracowaniem nowego urządzenia do symulacji wybuchów jądrowych. Podjęcie tych prac związane jest z podpisaniem przez Stany Zjednoczone układu o zakazie dokonywania wybuchów jądrowych w powietrzu, na ziemi i pod wodą. W pracy przewidziano zaprogramowanie urządzenia w oparciu o niezbędne próby, wytypowanie środków i metod stosowania wybuchów paliwowo-powietrznych dużej mocy. Chodziło o wybuchy o równoważniku trotylowym kilku kiloton. Symulowane wybuchy jądrowe mają służyć do badań wytrzymałości wyrzutni strategicznych rakiet balistycznych i innego sprzętu wojskowego na działanie fali uderzeniowej wybuchu jądrowego. Wiadomo, że w 1975 roku

zespół naukowy z Los Angeles rozpoczął prace. W oparciu o założenia koncepcyjne wytypowano około 10 paliw do badań, rozpatrzono 5 metod rozpylania paliwa i wytwarzania wybuchów paliwowo-powietrznych dużej mocy. Obecnie brak jest danych o dalszej realizacji programu FAX.

Program doskonalenia bomb paliwowo-powietrznych obejmuje prace rozwojowe nad niehamowanymi bombami FAE, zdążającymi do celu lotem ślizgowym. Do zrzutu ślizgowego niekierowanego przystosowuje się bombę GSF-1 o masie 226 kg, a do zrzutu ślizgowego kierowanego opracowuje się bombę HSF-11 o masie 900 kg. Bomby te przystosowane są do zrzutu przez samoloty lecące z prędkością powyżej 830 km/h.

Przedstawione wyżej tendencje rozwojowe broni paliwowo-powietrznych w Stanach Zjednoczonych wskazują na wysiłki zmierzające do ich maksymalnego wykorzystania w różnych rodzajach działań wojsk. Wydaje się niezbędne śledzenie tego rozwoju i poczynienie niezbędnych kroków obronnych.

B I B L I O G R A F I A

1. A.B. ppłk, Amerykański zestaw do wykonywania przejść w polach minowych, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 3/115/1977 r.
2. GLASS C.A., Fuel air explosive bomblet, United States Patent z 24 lutego 1976 r.
3. JASIŃSKI W. dr inż., Analiza celowości i możliwości opracowania i zastosowania broni typu FAB, referat niepublikowany.
4. JOHANNNSOHNG, Waffen revolutionieren den konventioneller Kampf, Internationale Wehrrevue nr 6/1976 r.
5. KOLESNIKOW J. płk., Boepripasy objomnowo wzrywa, Zarubieżnoje Wojennoje Obozdenije nr 8/1980 r.
6. LEBIEDIEW płk inż., Amerikanskaja sistema razminirowanija, Zarubieżnoje Wojennoje Obozrenija nr 2/1979 r.
7. LEWANDOWSKI Cz., płk dr inż., NOWAK I., ppłk dr inż., O celowości i możliwościach użycia ładunków paliwowo-powietrznych w działaniach bojowych, Zeszyty Naukowe 2/24/1980 r., wyd. ASG WP 1980 r.
8. LATUCHIN A. płk inż., MOROZOW płk inż., Boepripasy Objomnowo wzrywa, Technika i Woorużemyje nr 11/1978 r.
9. LAGOSZ M., ppłk mgr inż., O rozwoju amerykańskich konwencjonalnych środków rażenia, Myśl Wojskowa nr 12/1974 r.
10. MAYER S., Pole walki jutra, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 1/1980
11. Metodyka obliczeń operacyjno-technicznych cz. I, Użycie artylerii w walce i operacji, wyd. MON 1979 r.
12. NORMAN S., Eksperymentalne i teoretyczne modelowanie detonacji ładunków paliwowo-powietrznych, tłumaczenie, ONIW WITI nr 4/185.
13. NOWAK I. ppłk dr inż., KULCZYŃSKI St. kpt. mgr inż., Amunicja paliwowo-powietrzna, Wojskowy Przegląd Techniczny nr 9/1980 r.
14. OPILAT V., Gzerez nunnoje pole, Krasnaja Zwiezda nr 279/1977 r.
15. SCHONROCK D., Druckwellowaffen - eine neue Art Von Massenvernichtungsmittlein, der imperialistischen Staaten, Militartechnik nr 1/1978 r.

16. SYCZEWSKI M. płk doc.dr hab.inż., PISKORZ M. płk dr inż.,
Paliwowo-powietrzne materiały wybuchowe, opracowanie studyjne,
wyd.WAT 1980 r.
17. WŁODARCZYK E., Wybuch przestrzenny mieszaniny gazowej i jego
oddziaływanie na otoczenie, Biuletyn WAT nr 12/1979 r.
18. Zbiorowe, Taktyczno-operacyjne aspekty wykorzystania ładunków
paliwowo-powietrznych w działaniach bojowych, praca studyjna,
wyd.ASG WP, W-wa 1980 r.
19. Zbiorowe, Paliwowo-powietrzne mieszaniny wybuchowe i technika
ich wykorzystania, materiały na naradę naukowo-techniczną, wyd.
Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, W-wa 1980 r.
20. ŻUKOW N., Sredstwa razwiedki i preodolenija minnych polej,
Zarubieżnoje Wojennoje Obozrenije nr 5/1977 r.

Wykonano w 4 egz,

Egz. Nr 1-4. - Bibl. Nauk. ASG WP

Wyk. Zespół oficerów

Druk. J. Z. dn. 1.03.1982 r.

Nr ks. masz. Pf 53/ON

