



**A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O**  
im gen. broni K. Świrczewskiego

WYDZIAŁ ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI ARTYLERII

*1150*  
*J (39)*

~~XXXXXXXXXX~~

Egz. Nr 119

**ARCHIWUM**  
**BIBLIOTEKI SZKOLNO-WYKUCHEWICZEJ**  
**ARTYLERII SZTABU GENERALNEGO**  
**im. gen. broni K. Świrczewskiego**  
**28845**

mjr dypl. Cz. MOLL

**WŁAŚCIWOŚCI PLANOWANIA, WYKONYWANIA**  
**I OCENY SKUTECZNOŚCI OGNI RAKIETAMI**  
**JĄDROWYMI**

(Materiały do zajęć praktycznych na kursach ogólnowojskowych)

Biblioteka Szkolno-Wykuchewicza  
Nr ewid. 13352  
im. gen. broni K. Świrczewskiego

*28845*

*spr. w protokole*  
*i wpiąć*

**28845**



**A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O**  
im gen. broni K. Sułterczewskiego

WYDZIAŁ ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI ARTYLERII

Egz. Nr 119

ARCHIWUM  
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ  
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO  
im. gen. broni K. Sułterczewskiego  
28845

mjr dypl. Cz. MOLL

**WŁAŚCIWOŚCI PLANOWANIA, WYKONYWANIA  
I OCENY SKUTECZNOŚCI OGNI RAKIETAMI  
JĄDROWYMI**

(Materiały do zajęć praktycznych na kursach ogólnowojskowych)



spr. w fotokopie  
i wpięta

28845

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im.gen.broni K.Swierczewskiego

---

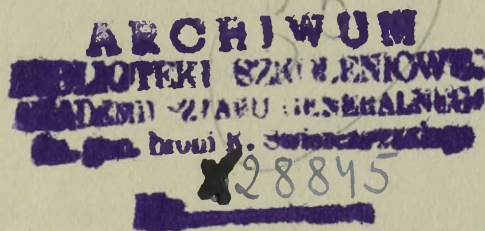
WYDZIAŁ ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI ARTYLERII

Quell. prot. 12357. /

" ZATWIERDZAM "  
SZEF KATEDRY TAKTYKI ARTYLERII

~~119~~  
Egz.nr...119

wz.płk dypl.St.LEWANDOWSKI



mjr dypl.Cz.MOLL

WŁASCIWOSCI PLANOWANIA, WYKONYWANIA I OCENY  
SKUTECZNOŚCI OGNIĄ RAKIETAMI JADROWYMI.

/Materiały do zajęć praktycznych na kursach ogólnowojskowych/



T R E Ś Ć

- I. Podstawy teoretyczne strzelania pociskami jądrowymi.  
Czynniki mające wpływ na wyniki strzelania.
- II. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów pojedynczych.
- III. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów powierzchniowych.
- IV. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów liniowych.
- V. Zasady prowadzenia ognia raketowo-jądrowego w pobliżu własnych wojsk. Określenie wysokości wybuchów powietrznych.

I. Podstawy teoretyczne strzelania pociskami jądrowymi.

Czynniki mające wpływ na wyniki strzelania.

1. Elementarne wiadomości z teorii prawdopodobieństwa, teorii błędów i rozrzutu.
  - a/ Podział zdarzeń przypadkowych. Częstość i prawdopodobieństwo.
  - b/ Krótkie wiadomości z teorii błędów.
  - c/ Rozrzut.
2. Czynniki mające wpływ na wynik strzelania.
3. Wskaźniki skuteczności strzelania.

----- . -----

W s t ę p

Współczesne pole bitwy będzie nasycone dużą ilością środków jądrowych, które są decydującym czynnikiem osiągnięcia zwycięstwa. /Bowiem właściwe wykorzystanie tych środków umożliwia wyeliminowanie z pola bitwy zgrupowań nieprzyjaciela objętych ich działaniem./

Zamiar rozegrania bitwy /walki/ powinien być oparty na koncepcji użycia broni jądrowej. Natomiast nie do pomyslenia jest wypracowanie właściwej koncepcji użycia broni jądrowej bez znajomości zasad wykorzystania raketowych pocisków jądrowych czy też bomb lotniczych. Obecnie dowódcom ogólnowojskowym nie wystarcza już znajomość zasad użycia tylko wojsk konwencjonalnych. Chcąc planować współczesne działania bojowe trzeba znać również, a nawet przede wszystkim zasady wykorzystania, prowadzenia ognia i możliwości bojowe pododdziałów raketowych.

Wykład niniejszy jest przeznaczony dla oficerów ogólnowojskowych i ma na celu zapoznanie z podstawowymi pojęciami z teorii prawdopodobieństwa, teorii błędów i rozrzutu, których znajomość jest niezbędna dla zrozumienia dalszych zajęć z planowania ognia jądrowego. W części tej również zostaną omówione czynniki wpływające na wynik strzelania oraz wskaźniki skuteczności podczas strzelania do celów pojedynczych i grupowych.

1. Elementarne wiadomości z teorii prawdopodobieństwa, teorii błędów i rozrzutu.

a/ Podział zdarzeń przypadkowych. Częstość i prawdopodobieństwo

W otaczającej nas przyrodzie, wszelkie zmiany zachodzące pod wpływem naszej woli, lub niezależnie od nas, nazywają się zjawiskami. Ostateczny wynik zjawiska będziemy nazywać zdarzeniem.

Przykłady:

a/ Ruch ziemi wokół słońca - zjawisko.

Zaćmienie słońca - zdarzenie.

b/ Przekręcenie kontaktu - zjawisko.

Zapalenie się żarówki - zdarzenie.

c/ Strzał - zjawisko.

Pocisk trafił w cel - zdarzenie.

Zdarzenia można podzielić na nieuniknione i przypadkowe.

Zdarzeniami nieuniknionymi nazywać będziemy takie zdarzenia, które w określonych warunkach muszą nastąpić, jako ostateczny wynik pewnego zjawiska.

Przykłady:

a/ Rzut ciała w górę - zjawisko.

Ciało opada pod wpływem siły ciężenia - zdarzenie.

b/ Rzut kostką do gry - zjawisko.

Pojawienie się jednej z sześciu liczb - zdarzenie.

c/ Strzał - zjawisko.

Pocisk upadł na ziemię - zdarzenie.

Zdarzeniami przypadkowymi nazywać będziemy takie zdarzenia, które w określonych warunkach mogą zaistnieć, lub nie jako ostateczny wynik pewnego zjawiska - zależy to będzie od wielu przyczyn, których nie jesteśmy w stanie przewidzieć.

Przykłady:

a/ Moneta rzucona w górę może upaść na ziemię orłem lub reszką.

Uważamy to za dzieło przypadku, gdyż działa tu wiele przyczyn wywierających wpływ na to zdarzenie, których nie jesteśmy w stanie przewidzieć i usunąć / np. szybkość z jaką

rzucamy monetę, kąt nachylenia w stosunku do ziemi, opór powietrza itp./

b/ Wyciągnięcie asa pik z talii kart.

c/ Pocisk może trafić w cel lub nie.

Na podstawie wielu doświadczeń stwierdzono, że zdarzenia przypadkowe podlegają pewnym prawom. Na przykład, przy oddaniu dużej ilości strzałów z tego samego działka /lub innej broni/, w możliwie jednakowych warunkach stwierdzono, że punkty upadku rozmieszczają się według pewnych praw: grupują się dokoła pewnego punktu /środk/, rozmieszczają się regularnie i na pewnej ograniczonej przestrzeni.

Nauka zajmująca się od strony ilościowej badaniem praw, którym podlegają zdarzenia przypadkowe nazywa się teorią lub rachunkiem prawdopodobieństwa.

Teoria prawdopodobieństwa nie bada, dlaczego poszczególny pocisk uchylił się od celu na pewną odległość, lub dlaczego moneta rzucona w górę upadła na ziemię orłem do góry, natomiast rozpatruje jak często pociski uchylać się powinny w jedną lub drugą stronę od średniego punktu upadku, lub ile razy średnio moneta powinna upaść orłem do góry.

Rachunek prawdopodobieństwa ma zastosowanie w wielu gałęziach nauki i życia codziennego, na przykład: w statystyce, teorii gier, ubezpieczeniach, we wszelkiego rodzaju loteriach, w strzelaniu itp.

Zastosowanie teorii prawdopodobieństwa w nauce strzelania zwłaszcza artylerii, pozwala na zbadanie zdarzeń zachodzących przy strzelaniu i wyciągnięcie odpowiednich wniosków odnośnie opracowania zasad, zastosowanie których pozwala oczekiwać jak najlepszych wyników zwalczania celów, w jak najkrótszym czasie i przy najmniejszym zużyciu pocisków.

Zdarzenia przypadkowe dzielią się na:

- pewne;
- niemożliwe;
- jednocześnie możliwe;
- wzajemnie wykluczające się;
- przeciwne;
- niezależne;
- zależne;
- proste;
- złożone.

Zdarzenie pewne zaistnieje wtedy, gdy wszystkie szanse dla pojawienia się go, będą sprzyjające.

Np. : w skrzyni znajdują się tylko granaty. Wyciągnięcie granatu - zdarzenie pewne.

Zdarzenie niemożliwe zaistnieje wtedy, gdy wszystkie szanse dla pojawienia się go, będą niesprzyjające. Np. : w urnie są tylko kule białe. Wyciągnięcie kuli czarnej - zdarzenie niemożliwe.

Zdarzenie jednocześnie możliwe zaistnieje wtedy, gdy pojawienie się jednego zdarzenia nie wyklucza pojawienia się w tym samym czasie drugiego.

Np. podczas strzelania uchylenie się pocisku od celu jednocześnie w kierunku i donośności.

Zdarzenie wzajemne wykluczające się zaistnieje wtedy, gdy pojawienie się jednego zdarzenia, wyklucza możliwość pojawienia się w tym czasie drugiego.

Np. trafienie jednym pociskiem w cel wyklucza nietrafienie w tym samym pociskiem i odwrotnie - strzał chybiony wyklucza trafienie.

Zdarzenie przeciwne zaistnieje wtedy, gdy w danych warunkach mogą mieć miejsce tylko dwa zdarzenia wzajemnie wykluczające się.

Np.: moneta rzucona w górę może upaść na ziemię, albo orłem, albo reszką.

Zdarzenie niezależne zaistnieje wtedy, gdy pojawienie się jednego z nich zupełnie nie zależy od tego, czy pojawiły się przed tym inne.

Np. w urnie znajdują się kule trzech kolorów.

Wyciągamy pierwszy raz kulę białą i wrzucamy ją z powrotem do urny. Drugi raz wyciągamy kulę czarną. Warunki przy wyciąganiu po raz drugi nie uległy zmianie. Wyciągnięcie kuli obojętnego koloru w wyżej wymienionych warunkach, nazywać będziemy zdarzeniem niezależnym.

Zdarzenie zależne zaistnieje wtedy, gdy pojawienie się jednego zdarzenia wpływa na warunki pojawienia się drugiego.

Np: na loterii jest 100 losów, z tego 20 wygrywa. Po wyciągnięciu jednego losu, który wygrywa, przy następnym ciągnięciu szanse wygrania zmniejszą się.

Zdarzenie proste - jest to takie zdarzenie, które nie zawiera w sobie jednoczesnego lub kolejnego zaistnienia dwóch lub kilku zdarzeń.

Np: wygranie głównej wygranej na jeden los loterii.

Zdarzenie złożone - jest to takie zdarzenie, które zawiera w sobie jednoczesne lub kolejne zaistnienie kilku prostych zdarzeń. Np: otrzymanie, w tych samych warunkach, przy pierwszym strzale długiego i przy drugim krótkiego.

Należy podkreślić, że jedno i to samo zdarzenie, może należeć do różnych grup. Zależać to będzie z jakiego punktu widzenia będziemy rozpatrywać dane zdarzenie.

W praktyce artyleryjskiej często spotykamy się z pytaniami jak często ma miejsce dane zdarzenie? Na przykład, jak często, przy tych samych warunkach, pociski trafiają w cel? Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba najpierw stwierdzić, ile razy pojawiło się zdarzenie trafienia w cel i jaka była liczba wszystkich strzałów /doświadczeń/.

Założmy, że dano 15 strzałów i otrzymano 3 trafienia w cel. Stosunek ten przyjęto wyrażać ułamkiem, którego licznikiem jest liczba wyrażająca ile razy miało miejsce dane zdarzenie /trafienie#, a mianownikiem liczba ogólnej ilości doświadczeń. W tym wypadku będzie to  $\frac{3}{15}$  lub  $\frac{1}{5}$ .

Stąd otrzymujemy definicję częstości zdarzenia.

Częstość zdarzenia jest to stosunek ilości zdarzeń sprzyjających do ogólnej ilości przeprowadzonych doświadczeń.

Ogólny wzór na częstość zdarzenia jest następujący:

$$r = \frac{M}{N}$$

gdzie: r - częstość zdarzenia;

M - ilość zdarzeń sprzyjających;

N - ilość przeprowadzonych doświadczeń.

#### Przykład 1

Podczas strzelania na 25 strzałów uzyskano 5 trafnych. Jaka jest częstość trafienia?

$$r = \frac{5}{25} = \frac{1}{5}$$

Znaczy to, że w danym strzelaniu na każde 5 strzałów uzyskano 1 trafny.

### Przykład 2

Moneta rzucona 10 razy - 3 razy upadła orłem do góry. Jaka jest częstość pojawienia się orła ?

$$r = \frac{3}{10}$$

Wykonano jeszcze jeden rzut. Jeżeli będzie orzeł to  $r = \frac{4}{11}$  natomiast jeżeli będzie reszka to  $r = \frac{3}{11}$ .

Stąd widać, że częstość zdarzenia zmienia się wraz ze zmianą ilości doświadczeń oraz, że można ją obliczyć tylko po dokonaniu doświadczeń.

Częstość zdarzenia wyraża się liczbą zawartą w granicach od 0 do 1 /  $0 \leq r \leq 1$ .

Liczba ta może być wyrażona w postaci ułamka zwykłego, dziesiętnego lub w procentach.

### Przykład 3

Dano 10 strzałów do celu. Otrzymano: 3 długie, 4 krótkie, 2 trafne, 1 nieobserwowany. Jaka jest częstość poszczególnych zdarzeń? Jaka jest częstość wszystkich możliwych zdarzeń?

- długie  $r_1 = \frac{3}{10}$  ;

- krótkie  $r_2 = \frac{4}{10}$  ;

- trafne  $r_3 = \frac{2}{10}$  ;

- nieobserwowane  $r_4 = \frac{1}{10}$ .

Częstość wszystkich możliwych zdarzeń wynosi

$$r = \frac{3}{10} + \frac{4}{10} + \frac{2}{10} + \frac{1}{10} = \frac{10}{10} = 1.$$

Zatem, przy danym doświadczeniu suma częstości wszystkich możliwych wzajemnie wykluczających się zdarzeń równa się jedności.

W praktyce artyleryjskiej często trzeba umieć przewidzieć /obliczyć/ wynik przed przeprowadzeniem doświadczenia /przed strzelaniem/. Na przykład często powstaje pytanie: na ile trafień w cel możemy liczyć w ogniu skutecznym przy daniu określonej ilości pocisków, albo w jakim stopniu razimy określony cel wykonując uderzenie jądrowe określonej mocy.

Odpowiedzi na takie pytanie daje teoria prawdopodobieństwa. Dla zilustrowania pojęcia prawdopodobieństwa zdarzenia rozpatrzemy kilka przykładów.

#### Przykład 1

W urnie znajduje się 6 kul.

2 białe, 1 czarna i 3 czerwone.

Kule mieszamy i wyciągamy po jednej, wyciągniętą kulę wkładamy z powrotem i znów mieszamy.

Interesuje nas pytanie - jak często będziemy wyjmować kulę białą?

Wszystkich możliwych wypadków jest 6, a sprzyjających /kule białe / mamy 2.

Przyjęto wyrażać to stosunkiem wypadków sprzyjających /2/ do ogólnej ilości możliwych /6/, czyli  $\frac{2}{6} = \frac{1}{3}$ , i nazywać prawdopodobieństwem zdarzenia. Tak więc prawdopodobieństwo, że z urny wyciągniemy kulę białą wynosi  $1/3$ .

Prawdopodobieństwem zdarzenia nazywamy stosunek ilości wypadków sprzyjających do wszystkich wypadków jednakowo możliwych.

Ogólny wzór.

$$p = \frac{m}{n}$$

gdzie: p - prawdopodobieństwo zdarzenia;

m - ilość wypadków sprzyjających;

n - ilość wszystkich wypadków możliwych.

Z przytoczonego przykładu widać, że prawdopodobieństwo wyciągnięcia z urny jednej z trzech kolorów kul będzie stałe.

tzn. - prawdopodobieństwo wyciągnięcia białej -  $p_1 = \frac{1}{3}$  ;

- prawdopodobieństwo wyciągnięcia czarnej -  $p_2 = \frac{1}{6}$  ;

- prawdopodobieństwo wyciągnięcia czerwonej -  $p_3 = \frac{1}{2}$  ;

### Przykład 2

Wykonujemy rzut kostką do gry. Interesuje nas prawdopodobieństwo, że za pierwszym rzutem otrzymamy trójkę.

Wypadków sprzyjających jest 1, wszystkich możliwych - 6. Zatem prawdopodobieństwo otrzymania trójki wynosi  $p = \frac{1}{6}$ .

Gdyby interesowało nas otrzymanie którejkolwiek z liczb od 1-4, to wynosi ono  $\frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ , bo wypadków sprzyjających mamy 4, a wszystkich możliwych 6.

Natomiast prawdopodobieństwo otrzymania którejkolwiek z liczb od 1-6 wynosi  $\frac{6}{6} = 1$ , gdyż wypadków sprzyjających jest 6 i wszystkich możliwych też 6.

Łatwo stąd wysnuć następujący wniosek:

Prawdopodobieństwo zdarzenia wyraża się liczbą zawartą w granicach od 0 do 1 /  $0 \leq p \leq 1$ .

Liczba ta może być przedstawiona w postaci ułamka zwykłego, dziesiętnego lub w procentach.

### Przykład 3.

W urnie znajduje się 8 kul: 3 białe, 3 czarne, 2 zielone. Jakie jest prawdopodobieństwo wyciągnięcia kuli kolorowej?

$$p_b = \frac{3}{8}; \quad p_{cz} = \frac{3}{8}; \quad p_z = \frac{2}{8};$$

a więc prawdopodobieństwo wyciągnięcia kuli kolorowej wynosi

$$p_k = \frac{3}{8} + \frac{3}{8} + \frac{2}{8} = \frac{8}{8} = 1.$$

Czyli suma prawdopodobieństw wszystkich możliwych wzajemnie wykluczających się zdarzeń równa się jedności.

### Przykład 4.

Wykonujemy rzut monetą. Prawdopodobieństwo pojawienia się orła wyklucza jednocześnie pojawienie się reszki. Powyższe dwa zdarzenia są zdarzeniami przeciwnymi, a suma ich prawdopodobieństw równa się:

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{2} = 1.$$

A więc suma prawdopodobieństw dwóch zdarzeń przeciwnych równa się jedności, czyli

$$p + q = 1,$$

gdzie  $q$  - prawdopodobieństwo zdarzenia przeciwnego.

Reasumując to, co dotychczas powiedzieliśmy na temat częstości i prawdopodobieństwa, należy podkreślić, że częstość zdarzenia określamy po wykonaniu doświadczenia, natomiast prawdopodobieństwo zdarzenia określamy przed wykonaniem doświadczenia.

Trzeba również zaznaczyć, że przy bardzo dużej ilości doświadczeń, częstość równa się prawdopodobieństwu.

Na przykład, gdybyśmy wykonali bardzo dużo rzutów monetą, to okaże się, że częstość pojawienia się orła i reszki jest prawie taka sama, niewiele różni się od  $\frac{1}{2}$ , czyli częstość jest prawie równa prawdopodobieństwu.

Na przykład Pearson wykonał rzut 25000 razy i otrzymał częstość pojawienia się orła 0,5005, a więc zupełnie bliską prawdopodobieństwu.

#### b/ Krótkie wiadomości z teorii błędów.

Dla wyrażenia pewnej wielkości /odległości, wagi, objętości, temperatury/ dokonujemy pomiarów.

Codzienna praktyka przy wykonywaniu pomiarów wykazuje, że przy kilkakrotnym zmierzeniu tej samej wielkości otrzymamy różne, chociażby czasem nieznacznie różniące się wyniki. Rozbieżności wyników pomiarów wynikają z przyczyn nie dających się usunąć i niezależnych od nas, takich jak: mała doskonałość organów ludzkich /wzrok/, niedoskonałość przyrządów, zmienność warunków chwili itp.

Przy wykonywaniu pomiarów jakiejś wielkości /np. długości wielkości kąta, wagi, szybkości, temperatury/ staramy się określić wartość rzeczywistą tej wielkości, lecz faktycznie otrzymujemy szereg różnych rezultatów, a więc wartości przybliżone, wartości z błędami.

Na przykład dowódca baterii zmierzył na mapie 3 razy odległość bateria-cel z możliwą dokładnością i otrzymał: przy pierwszym pomiarze - 12165m, przy drugim - 12180 m, przy trzecim - 12170 m. Nie można powiedzieć, czy wogóle któryś z tych pomiarów daje wartość rzeczywistą lub która z tych wartości jest najbardziej zbliżona do rzeczywistej.

Tę samą odległość dowódcy baterii obliczył sposobem rachunkowym i otrzymał - 12168,2 m.

Rezultat ten, otrzymany bardziej dokładnym sposobem, przyjmijmy za wartość rzeczywistą, a poprzednie za przybliżone, czyli z błędami.

Przy poszczególnych pomiarach popełniono następujące

błędy: 1-szy raz: 12165 m - 12168,2 m = -3,2 m;

2-gi raz: 12180 m - 12168,2 m = + 11,8 m;

3-ci raz: 12170 m - 12168,2 m = 1,8 m.

Dowódca baterii przy pierwszym pomiarze popełnił błąd w mniejszą stronę a przy drugim i trzecim w większą stronę.

Należy pamiętać, że wynik otrzymany sposobem rachunkowym można przyjąć za wartość rzeczywistą też tylko warunkowo, gdyż i tu nie uniknięto błędów /przy pracach topograficznych, przy zaokrągleniach rachunkowych itp/.

Z powyższego wypływa następująca definicja błędów:

Błąd, jest to różnica między przybliżoną a rzeczywistą /względnie przyjętą za rzeczywistą/ wartością mierzonej wielkości /.

Błąd uważa się za dodatni, jeżeli wartość przybliżona jest większa od rzeczywistej i ujemny, jeżeli wartość przybliżona jest mniejsza od rzeczywistej.

Aby znaleźć wielkość i znak błędu należy od przybliżonej odjąć wartość rzeczywistą /patrz przykład/.

Poza błędami przy pomiarach zdarzają się jeszcze omyłki, na skutek nieuwagi, niedostatniego wyszkolenia, czy nawet niedbalstwa.

Omyłką nazywamy różnicę między otrzymanym wynikiem, powstałym wskutek nieprawidłowo wykonanej czynności a wartością rzeczywistą mierzonej wielkości.

#### Przykład:

1. Przy strzelaniu otrzymano strzał kropki, a obserwator określił jako długi.
2. W równaniu, przenosząc wyrazy z jednej strony równości na drugą nie zmieniono znaków.

W dalszych rozważaniach nie będziemy rozpatrywali omyłek, gdyż można ich uniknąć. Będziemy więc przyjmowali, że wszystkie pomiary są wykonywane starannie, umiejętnie i wolne od omyłek.

Wszystkie błędy dzieli się na dwie grupy:

- błędy systematyczne;
- błędy przypadkowe.

Błędami systematycznymi nazywamy te błędy, które przy tych samych warunkach mają stale jedną i tę samą wartość.

Wielkość tych błędów można więc z góry ustalić i wyeliminować je, wprowadzając odpowiednie poprawki.

Na przykład, jeżeli taśma miernicza posiada błąd  $+ 4$  mm w stosunku do wzorcowej, to przy wykonywaniu pomiarów przy pomocy tej taśmy możemy ten błąd z góry uwzględnić.

Błędami przypadkowymi natomiast nazywamy takie błędy, które w danych warunkach przy każdym pomiarze mogą mieć różną wartość.

Dlatego z góry nie można ich uwzględnić, a przez to i nie można wprowadzić poprawek do otrzymanego wyniku pomiaru.

Błędy przypadkowe są szczególnym przykładem zdarzeń przypadkowych i dlatego podlegają tym samym prawom.

Badaniem i ustaleniem tych praw zajmuje się specjalny dział teorii prawdopodobieństwa zwany teorią błędów.

Ponieważ błędy systematyczne można uwzględnić, stąd nie wchodzi one w zakres teorii błędów.

Przy pomiarach /obliczeniach/ w określonych warunkach błędów uniknąć nie można, dlatego artylerzysta zadaje sobie pytanie:

1. Jaki wielkości będą popełnione błędy?
2. Jakie jest prawdopodobieństwo popełnienia błędu danej wielkości?

Błędy przypadkowe, jako zdarzenia przypadkowe, posiadają swoją częstość zaistnienia, którą można określić drogą doświadczeń. Im więcej doświadczeń /pomiarów/ wykonamy, tym częstość będzie bliższa prawdopodobieństwu zaistnienia błędu danej wielkości.

Badając błędy pomiarów łączymy je w grupy według wielkości i znaków, aby przez porównanie grup odnaleźć wspólne cechy i tą drogą ustalić prawa jakim te błędy podlegają.

Rozpatrzmy następujący przykład.

Wykonano sto razy pomiar pewnej wielkości i ustalono 100 błędów przypadkowych, które ułożono według grup w poniższej tabeli

	Błędy ujemne				Błędy dodatnie			
Ilość błędów	2	8	19	26	24	17	3	1
Wielkości błędów	16-20	11-15	6-10	0-5	0-5	6-10	11-15	16-20

Przyjmijmy, że dokonano ponownie sto razy pomiaru tej samej wielkości, ale przyrządem mniej dokładnym.

Otrzymane błędy będą oczywiście większe.

Zestawmy je w tabeli:

	Błędy ujemne				Błędy dodatnie			
Ilość błędów	1	7	16	25	27	15	7	2
Wielkości błędów	31-40	21-30	11-20	0-10	0-10	11-20	21-30	31-40

Porównując obie tabele widzimy, że pomimo drobnych różnic zachodzi zupełnie wyraźne podobieństwo w rozłożeniu poszczególnych grup w obu tabelach:

- a/ Współzależność między częstością występowania błędów a ich wielkością - błędy małe występują znacznie częściej niż duże.
- b/ Częstość występowania błędów w grupach o tych samych wielkościach lecz o różnych znakach /przeciwnych/ jest w przybliżeniu jednakowa.
- c/ W każdej tabeli ogólna ilość błędów dodatnich i błędów ujemnych, jest bardzo zbliżona do siebie /bliska 50 %/
- d/ Błędy w obu tabelach mają pewne maksymalne wielkości, poza granicę których nie wychodzą, w pierwszym wypadku  $\pm 20$ , w drugim  $\pm 40$ .

Rozkład błędów podanych w obu tabelach można przedstawić w postaci wykresu. Jeżeli zrobimy wykres bardzo dużej ilości błędów, to otrzymamy funkcję /krzywą/ wyrażającą zależność między wielkością błędów, a częstością /przy dużej ilości pomiarów - prawdopodobieństwem/ ich zaistnienia.

Krzywa ta nosi nazwę krzywej normalnego prawa błędów.

/rys.1/.

Im dokładniejszy jest sposób pomiarów, tym krzywa ta będzie bardziej stroma.

Biorąc pod uwagę, że błędy rozkładają się równomiernie w stosunku do środka pola we wszystkich kierunkach, to krzywe normalnego prawa błędów /przy ich niezliczonej ilości/ utworzą coś w rodzaju namiotu, nazywanego "namiotem Eulera". Konstrukcję namiotu pokazuje w przybliżeniu rys. nr 2.

Dla większości sprzętu artyleryjskiego błędy donośności charakteryzują się większymi rozmiarami na skutek czego pole rozrzutu przybiera formę elipsy, której oś X /dłuższa/ przebiega wzdłuż kierunku strzelania. Oś ta dzieli pole rozrzutu na 2 równe części, dokonując jednocześnie podziału wszystkich punktów upadku na dwie połowy: lewą i prawą. Oś krótsza /wzdłuż kierunku Z/ dzieli tak samo pole rozrzutu dokonując jednocześnie podziału punktów upadku /Rys. nr 3/.

Prawo normalne ustala trzy zasady rządzące występowaniem błędów przypadkowych:

- nierównomierność;
- symetryczność;
- ograniczeność.

**Nierównomierność** - małe błędy występują częściej niż duże, a więc prawdopodobieństwo zaistnienia małych błędów jest większe niż dużych, tj. im mniejszy co do bezwzględnej wielkości błąd, tym większe prawdopodobieństwo jego zaistnienia i odwrotnie.

**Symetryczność** - pojawienie się błędów równych między sobą co do bezwzględnej wielkości, ale o przeciwnych znakach, jest równo prawdopodobne, tj. każdemu błędowi dodatniemu odpowiada równy co do bezwzględnej wartości błąd ujemny.

Ograniczoność - pojawienie się błędów, któreby swą wielkością wychodziły poza granice właściwe dla danego systemu pomiarów, jest tak mało prawdopodobne, że praktycznie przyjmuje się je za wykluczone. Granice te, zarówno dodatnia jak i ujemna, są równe.

Zasady prawa normalnego występują z całą wyrazistością tylko przy dostatecznie dużej ilości pomiarów.

Wiemy już, że przy wszelkiego rodzaju pomiarach i obliczeniach błędy są nieuniknione, a wielkość ich jest charakterystyczną cechą dokładności sposobu pomiaru.

Gdybyśmy wzięli z całego szeregu błędów przypadkowych jeden dowolny błąd, mogłoby się zdarzyć, że zbiegły się w nim tylko niektóre przyczyny powodujące jego zaistnienie. Aby tego uniknąć, należy posługiwać się względną wartością błędu, określić błąd zawierający w sobie cechy możliwie wszystkich błędów popełnionych przy danym sposobie, a więc określić pewien błąd średni /wypośredkowany z szeregu/.

Poszukując błędu średniego możemy znowu przyjąć metodę bardziej lub mniej dokładną i stąd dla określenia typu błędu średniego, ze względu na jego dokładność ustalimy następujący podział:

- błąd średni arytmetyczny;
- błąd średni kwadratowy;
- błąd środkowy /prawdopodobny/.

Błąd średni arytmetyczny  $E_1$  - jest to średnia arytmetyczna bezwzględnej wielkości wszystkich błędów popełnionych przy danym pomiarze. Na przykład otrzymano błędy: +9, -7, -3, +5. Błąd średni arytmetyczny wyniesie:

$$E_1 = \frac{9 + 7 + 3 + 5}{4} = \frac{24}{4} = 6.$$

Błąd średni kwadratowy  $E_2$  - równa się pierwiastkowi kwadratowemu z sumy kwadratów poszczególnych błędów podzielonych przez ich ilość mniej jeden.

Na przykład otrzymano błędy: +9 m, -7 m, -3 m, +5 m.

Błąd średni kwadratowy będzie wynosił:

$$E_2 = \sqrt{\frac{9^2 + (-7)^2 + (-3)^2 + 5^2}{4 - 1}} = \sqrt{\frac{81 + 49 + 9 + 25}{3}} = \sqrt{54,66} = 7,4 \text{ m.}$$

Błąd środkowy /prawdopodobny/ /E/ - jest to błąd, który co do swej wielkości bezwzględnej jest większy od każdego z błędów jednej połowy i mniejszy od każdego z błędów drugiej połowy, ułożonych w kolejności wzrastania /malenia/ ich wielkości bezwzględnych.

Przykład. Trzy pomiary otrzymano następujące błędy:

$$-1, +8, +4, -7, -3.$$

Szeregujemy te błędy w kolejności wzrastania wartości bezwzględnych, czyli: -1, -3, +4, -7, +8.

$$\text{Błąd środkowy } E = 4.$$

Rozpatrzmy drugi przykład. Błędy: +9, -7, -3, +5.

Szeregujemy te błędy w kolejności wzrastania wartości bezwzględnych: -3, +5, -7, +9.

W tym wypadku błąd środkowy będzie średnią arytmetyczną bezwzględnej wartości liczby 5 i 7.

$$E = \frac{5 + 7}{2} = \frac{12}{2} = 6.$$

Na podstawie przytoczonych przykładów można zauważyć, że poszczególne rodzaje błędów / $E_1$ ,  $E_2$ , E/ niewiele różnią się między sobą. Ażeby uniknąć nieporozumień w artylerii przyjęto posługiwać się błędem środkowym. W wypadkach, gdy wymagana jest większa dokładność błąd średni określa się metodą błędu średniego arytmetycznego a nawet błędu średniego kwadratowego.

W dalszych zajęciach będziemy mieli do czynienia tylko z błędami przygotowania nastaw do ognia skutecznego i błędami rozrzutu.

W przygotowaniu nastaw do ognia skutecznego występują błędy środkowe donośności / $E_D$ / i błędy środkowe kierunku / $E_K$ /.

Dla interesującego nas sprzętu błędy te wynoszą:

- błąd środkowy donośności  $E_D = 0,9 \% D$ ;

- błąd środkowy kierunku  $E_K = 0-10$ .

Z kolei zajmiemy się zagadnieniem rozrzutu pocisków raketowych.

c. Rozrzut.

Przy daniu pewnej ilości strzałów z tego samego działa /wyrzutni/ w możliwie jednakowych warunkach, poszczególne pociski zakreślają tory o odmiennych kształtach, wskutek różnych przyczyn których nie można uwzględnić. Otrzymuje się wówczas wiązkę torów, której przekrój wzrasta w miarę oddalania się od działa. Tym poszczególnym torom /przypadkowym/ odpowiadają różne punkty upadku, mniej lub więcej rozrzucone w płaszczyźnie pionowej lub poziomej.

Zjawisko rozpraszania się pocisków /torów/ przy strzelaniu z tego samego działa, w możliwie jednakowych warunkach nazywa się rozrzutem pocisków /torów/.

Rozrzut pocisków raketowych, jak potwierdzają doświadczenia, jest większy od rozrzutu zwykłych pocisków artylerii lufowej. Tłumaczy się to, między innymi czynnikami wpływającymi na lot pocisku oraz właściwą toru lotu pocisku raketowego. /Na rozrzut pocisków raketowych, oprócz właściwości toru lotu, wpływa sposób stabilizacji i kierowania pocisku raketowego, które w niniejszym wykładzie nie będą omawiane/.

Tor lotu pocisku raketowego dzieli się na dwa odcinki: aktywny OK, na którym następuje spalanie paliwa /na którym pracuje silnik/ i bierny KC, na którym lot pocisku odbywa się z niepracującym silnikiem inaczej odcinek lotu swobodnego.

Lot pocisku raketowego na aktywnym /początkowym/ odcinku toru odbywa się pod działaniem trzech zasadniczych sił: siły ciągu  $\bar{P}$ , siły oporu powietrza  $\bar{R}$  i siły ciężkości  $\bar{g}$ .

Na biernym odcinku toru lot pocisku odbywa się tylko pod działaniem dwóch sił, siły oporu powietrza  $\bar{R}$  i siły ciężkości  $\bar{g}$ , tak jak zwykłego pocisku.

Działanie siły ciągu jest główną przyczyną powiększającą rozrzut pocisków raketowych. Na aktywnym odcinku toru następuje spalanie paliwa. Spalanie to może odbywać się w różnym czasie, czyli punkt K toru będzie miał różne położenie w przestrzeni.

Oprócz tego zasadniczymi przyczynami zwiększającymi rozrzut pocisków raketowych działającymi na aktywnym odcinku toru są: mimośrodowość siły ciągu, czyli gdy linia działania siły ciągu nie

jest skierowana wzdłuż osi pocisku raketowego, wpływ warunków atmosferycznych, przede wszystkim siły wiatru oraz właściwości balistycznych pocisku.

Teoretyczne i praktyczne rozważania wpływu różnych przyczyn powodujących rozrzut pocisków wykazują, że podlegają one przy dużej ilości strzałów pewnym prawom i im większą oddamy ilość strzałów, tym ta prawidłowość będzie bardziej widoczna.

Wykazują się przy tym trzy następujące zasady tej prawidłowości charakteryzujące właściwości prawa rozrzutu:

- a/ ograniczoność;
- b/ symetryczność;
- c/ nierównomierność.

Dla punktów upadków pocisków zasady te wyrażamy następująco:

- a/ Wszystkie punkty upadku pocisków leżą w pewnych granicach na ograniczonym polu mającym kształt elipsy i praktycznie poza te granice nie wychodzą.
- b/ Na polu rozrzutu można odszukać taki punkt upadku odpowiadający średniemu punktowi upadku /środek pola rozrzutu/, w stosunku do którego wszystkie punkty upadku leżą symetrycznie tzn. w równym oddaleniu z każdej strony, inaczej można powiedzieć, że stopień gęstości punktów upadku z jednej strony jest taki sam jak i z drugiej.
- c/ Im bliżej środka pola rozrzutu, tym punkty upadku leżą gęściej a im dalej - tym rzadziej tzn. punkty upadku rozmieszczone są nierównomiernie /Rys. nr 2 i 3/.

Stąd wynika, że rozrzut również podlega prawu normalnemu. Wielkość rozrzutu rozpatrujemy i mierzymy na płaszczyźnie wszerz i w głąb. Odległość punktu upadku od środka pola rozrzutu nazywa się uchyleniem. Uchylenie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny strzelania nazywa się uchyleniem wszerz, uchylenie w kierunku równoległym do płaszczyzny strzelania - uchyleniem w głąb. Za pomocą uchylen wszerz i w głąb można określić położenie każdego punktu upadku w stosunku do środka pola rozrzutu. W praktyce artyleryjskiej, za miarę rozrzutu przyjmuje się wielkość zwaną uchyleniem środkowym.

Uchyleniem środkowym nazywamy takie uchylenie, które jest większe, co do bezwzględnej wartości, od każdego z uchyień jednej połowy wszystkich uchyień i mniejsze od każdego z uchyień drugiej połowy, uszeregowanych wzrastająco lub malejąco.

Uchylenia środkowe przyjęto oznaczać następująco:

- uchylenia środkowe w głąb -  $U_g$ ;
- uchylenie środkowe wszerez -  $U_s$ .

Wartości uchyień środkowych podawane są zawsze w metrach i zawarte są w tabelach strzelniczych.

Znając wielkości uchyień środkowych, można sądzić i o wielkości całego pola rozrzutu.

Największe uchylenia w każdym kierunku, jak wykazuje teoria i przeprowadzane doświadczenia, prawie nigdy nie są większe od 4-5 uchyień środkowych danego kierunku. Ponieważ uchylenia większe od 4 uchyień środkowych bywają bardzo rzadko, przyjęto dla praktycznych obliczeń ograniczać pole rozrzutu, największym uchyleniem, równym 4 uchyleniom środkowym danego kierunku, w obie strony.

Prawdopodobieństwo tego, że pocisk nie upadnie poza granice prostokąta o bokach równych 8 uchyleniom środkowym /po 4 uchylenia środkowe w każdą stronę od środka rozrzutu/, określa się według wzoru:

$$p = \Phi / 4 / \cdot \Phi / 4 / = 0,9930 \cdot 0,9930 = 0,9860$$

/Uwaga: wartości funkcji  $\Phi / \beta /$  są podane w specjalnych tabelach/.

W takim stanie rzeczy uważając, że rozrzut zachodzi w granicach 8 uchyień środkowych, nie uwzględnia się - 0,014 lub 1,4 % pocisków, wychodzących poza granice takiego prostokąta.

Na podstawie tego w elementarnych kursach teorii strzelania wykorzystuje się następującą skalę rozrzutu /rys.4/.

Uchylenie punktu upadku pocisku od planowanego punktu zerowego nazywa się błędem położenia punktu wybuchu.

Błąd położenia punktu wybuchu składa się z dwóch błędów:

- błędu przygotowania nastaw do ognia skutecznego, który powoduje przesunięcie środka rozrzutu w stosunku do

planowanego punktu zerowego i podlega prawu normalnemu /są to błędy środkowe  $E_D$  i  $E_K$ /;

- błędu rozrzutu, który powoduje uchylenie punktu upadku od środka rozrzutu i podlega także prawu normalnemu /są to uchylenia środkowe  $U_g$  i  $U_s$ /.

Skoro błąd położenia punktu wybuchu jest sumą dwóch wielkości przypadkowych, to jest on również wielkością przypadkową i podlega prawu normalnemu.

To normalne prawo rozmieszczenia wielkości przypadkowych błędów położenia punktu wybuchu nazywa się sumarycznym prawem rozmieszczenia, a jego błędy środkowe - sumarycznymi błędami środkowymi.

Sumaryczne błędy środkowe określa się ze wzorów:

$$U_D = \sqrt{E_D^2 + U_g^2};$$

$$U_K = \sqrt{E_K^2 + U_s^2};$$

w których:  $U_D$  - sumaryczny błąd środkowy położenia punktu wybuchu w donośności;

$U_K$  - sumaryczny błąd środkowy położenia punktu wybuchu w kierunku.

Znając charakterystykę sprzętu łatwo określić wielkość sumarycznego błędu środkowego położenia punktu wybuchu.

Przykład:

Obliczyć sumaryczne błędy środkowe położenia punktu wybuchu  $U_D$  i  $U_K$ , jeżeli strzelanie wykonywane jest pociskiem raketowym na odległość 20 km.

Rozwiązanie:

$$E_D = 0,9 \% D = \frac{0,9 \cdot 2000}{100} = 0,9 \cdot 200 = 180 \text{ m} = 0,18 \text{ km};$$

$$E_K = \frac{10 \cdot 20000}{1000} = 10 \cdot 20 = 200 \text{ m} = 0,2 \text{ km}$$

$$\text{Niech } U_g = U_s = \frac{1}{100} D;$$

$$U_g = U_s = \frac{20000}{150} = 130 \text{ m} = 0,13 \text{ km}$$

$$U_D = \sqrt{E_D^2 + U_g^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,13^2} = \sqrt{0,0324 + 0,0169} = \sqrt{0,0493} = 0,22 \text{ km} = 220 \text{ m};$$

$$U_K = \sqrt{E_K^2 + U_s^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,13^2} = \sqrt{0,04 + 0,0169} = \sqrt{0,0569} = 0,24 \text{ km} = 240 \text{ m}.$$

Na podstawie powyższych obliczeń ustalone zostały wartości sumarycznych błędów średnich, które podawane są w specjalnych tabelach.

Analizując tabelę wartości sumarycznych błędów średnich dochodzimy do następujących wniosków.

1. Wielkość sumarycznych błędów średnich wzrasta z odległością strzelania. Oznacza to, że im większa odległość strzelania, tym istnieje większe prawdopodobieństwo, że pocisk uchyli się dalej od celu.
2. Wielkość sumarycznych błędów średnich dla rakiet operacyjno-taktycznych jest większa, niż dla rakiet taktycznych. Wynika z tego, że ogień z wyrzutni taktycznych będzie bardziej celny.
3. Wielkości sumarycznych błędów średnich mają poważny wpływ na wynik strzelania.

## 2. Czynniki mające wpływ na wynik strzelania.

Trzeba mieć na uwadze, że ilość pocisków jądrowych przeznaczonych na określony rodzaj walki /bitwy/ będzie zawsze ograniczona. Wpływać na to będą przede wszystkim takie trudności jak i koszty produkcji tego rodzaju techniki bojowej.

Z powyższego bezpośrednio wynika konieczność bardzo ekonomicznego wykorzystania pocisków jądrowych. Oznacza to, z jednej strony, że ogień jądrowy powinien być wykonywany na cele najważniejsze z punktu widzenia potrzeb walki, a z drugiej strony przy ustalaniu celów powinny być uwzględniane możliwości sprzętu rakietywego.

Ponadto, podejmując decyzję na wykonanie ognia pociskami jądrowymi powinniśmy być pewni, że wykonamy przewidziane zadanie, czyli innymi słowy - uzyskamy odpowiedni wynik strzelania. Wynik strzelania raketowymi pociskami jądrowymi zależy od wielu czynników. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- rażące działanie raketowych pocisków jądrowych;
- rodzaj celu;
- dokładność przygotowania nastaw do ognia skutecznego;
- rozrzut pocisków jądrowych.

Ponieważ dwa ostatnie czynniki zostały omówione wyżej, najmiemy się omówieniem dwóch pierwszych.

Czynnikami rażącymi podczas wybuchu pocisku jądrowego są:

- fala uderzeniowa;
- promieniowanie cieplne;
- promieniowanie przenikliwe;
- promieniotwórcze skażenie terenu.

#### a/ Fala uderzeniowa

Powstawanie i rozchodzenie się fali uderzeniowej:

Przy wybuchu jądrowym prawie błyskawicznie wydziela się olbrzymia ilość energii, temperatura podnosi się przy tym do milionów stopni, a produkty wybuchu jądrowego przekształcają się w stan gazowy. Gazy te posiadają bardzo wysoką temperaturę i znajdują się pod bardzo wysokim ciśnieniem /rzędu milionów atmosfer/.

Rozgrzane i sprężone w wysokim stopniu gazy, nie napotykając na przeszkodę w otaczającym środowisku /za wyj. powietrza/ rozszerzają się z prędkością bliską prędkości dźwięku. Rozszerzając się gazy sprężają przylegające warstwy powietrza do dużej gęstości przez co powstaje warstwa gęstego, sprężonego powietrza, w którym również gwałtownie podnosi się temperatura i ciśnienie.

Te sprężone i rozgrzane warstwy powietrza dążą do rozszerzenia się rozchodząc się kuliście od ośrodka, w którym powstały. W ten sposób przekazywana jest energia wybuchu od jednej warstwy powietrza do drugiej z prędkością ponaddźwiękową. Powstaje fala uderzeniowa na wytworzenie której zużywa się ok. 50% energii wybuchu jądrowego.

Fala uderzeniową nazywa się strefę sprężonego powietrza, rozprzestrzeniającą się z ponaddźwiękową prędkością we wszystkich kierunkach od środka wybuchu.

Przednia granica fali uderzeniowej nazywana jest frontem /czołem/fali, uderzeniowej.

Na czole fali uderzeniowej występuje największe ciśnienie sprężonego powietrza /rys. 5/. W kierunku od czoła fali uderzeniowej do środka wybuchu ciśnienie stopniowo obniża się do wielkości ciśnienia atmosferycznego. W wyniku ruchu cząstek powietrza z dużą prędkością powstaje dynamiczny - /prędkościowy/ napór powietrza, przedstawiający wiatr huraganowy o prędkości do 100 m/sek i więcej. /Wiatr o szybkości 25-30 m/sek łamie drzewa/.

Za strefą sprężonego powietrza postępuje strefa rozrzedzonego powietrza, w której ciśnienie jest niższe niż w niewzburzonym środku wisku przed wybuchem jądrowym. W strefie tej cząsteczki powietrza przemieszczają się w kierunku do środka wybuchu.

W miarę oddalania się czoła fali uderzeniowej od środka wybuchu zwiększa się ilość włączanego w ruch powietrza. Głębokość strefy sprężonego i rozrzedzonego powietrza w miarę wzrostu czasu powiększa się, a ciśnienie na czole fali uderzeniowej zmniejsza się. Fala uderzeniowa zanika, stopniowo przekształcając się w falę dźwiękową, która też po pewnym czasie zanika.

Powstawanie i rozprzestrzianie się fali uderzeniowej zależy od rodzaju wybuchu. Podczas wybuchu powietrznego w pierwszej chwili powstaje sferyczna fala uderzeniowa, rozchodząca się we wszystkich kierunkach z prędkością ponaddźwiękową - jest to tzw. padająca fala uderzeniowa.

Przy spotkaniu padającej fali uderzeniowej z powierzchnią ziemi następuje zahamowanie ruchu cząstek powietrza i ciśnienie gwałtownie wzrasta, w rezultacie czego w rejonie rzutu punktu wybuchu na ziemi powstaje fala odbita. Ciśnienie na czole fali odbitej jest 2 do 8 razy większe od ciśnienia na czole fali padającej.

Fala odbita działa w granicach tzw. strefy bliższej o promieniu  $R$  mniejszym od wysokości wybuchu  $H$  /rys. 6/.

Za strefą bliższą następuje nakładanie się fali padającej z falą odbitą - powstaje czołowa fala uderzeniowa, która rozchodzi się we wszystkich kierunkach od punktu rzutu wybuchu po powierzchni ziemi. Ciśnienie na czole czołowej fali uderzeniowej jest około 4 do 5 razy większe od ciśnienia swobodnie rozchodzącej się fali sferycznej /padającej/ na tych samych odległościach od miejsca wybuchu. Można więc stwierdzić, że podczas wybuchu powietrznego powstaje na powierzchni ziemi strefa podwyższonego ciśnienia: w bliższej strefie - od ciśnienia fali odbitej, a w dalekiej strefie - od ciśnienia czołowej fali uderzeniowej.

Szybkość rozchodzenia się czołowej fali uderzeniowej w początkowym okresie znacznie przekracza szybkość dźwięku, a następnie zmniejsza się do szybkości dźwięku.

Podczas wybuchu naziemnego fala uderzeniowa ma kształt stale rosnącej półkuli. Cała energia wybuchu w tym wypadku zamknięta jest w objętości dwukrotnie mniejszej, niż podczas wybuchu powietrznego. Nieznaczna część energii wybuchu /kilka procent/ zużywana jest na deformację gruntu, a pozostała część energii przenoszona jest z falą uderzeniową. Na małych odległościach od punktu wybuchu ciśnienie fali uderzeniowej sięga dziesiątków tysięcy atmosfer, a w miarę oddalania ciśnienie to szybko obniża się.

L i c z b o w e   c h a r a k t e r y s t y k i   f a l i  
u d e r z e n i o w e j .  
-----

Fala uderzeniowa charakteryzuje się następującymi, zasadniczymi parametrami:

- $P_f$  - nadciśnienie na czole fali uderzeniowej /w  $\text{kg/cm}^2$ /;
- $T_+$  - czas trwania fazy sprężania /w sekundach/;
- $T_-$  - czas trwania rozrzedzania /w sekundach/;
- $P/t$  - /znakowane także  $\Delta p/t$ // zmiana ciśnienia lub nadciśnienia powietrza w fali uderzeniowej w zależności od czasu, znakowana w  $\text{kg/cm}^2$ .

Fala uderzeniowa powoduje rażenie sił żywych wskutek nadciśnienia, powstającego na jej czole. Przy nadciśnieniu 0,2 do 0,25  $\text{kg/cm}^2$  następują lekkie porażenia, a przy nadciśnieniu 0,3 do 0,6  $\text{kg/cm}^2$  - średnie porażenia, przy których ludzie nie są zdolni do dalszej walki.

Nadciśnienie na czole fali uderzeniowej jest głównym parametrem charakteryzującym rażące działanie każdego wybuchu. Wielkość  $\Delta p / f /$  zależy od mocy wybuchu i odległości. Orientacyjny obraz wielkości maksymalnego nadciśnienia na czole fali uderzeniowej podczas wybuchu średniej mocy przedstawia tabela\*.

Oddalenie od punktu zerowego wybuchu	Wysokość wybuchu			
	Naziemny	250 m	300 m	500 m
100	100	48,00	25,00	6,40
300	11,00	11,00	9,00	5,00
500	3,20	3,50	3,50	2,60
700	1,52	1,80	1,80	1,60
900	0,91	1,00	1,00	1,10
1100	0,63	0,73	0,73	0,82
1300	0,46	0,53	0,53	0,62
1500	0,36	0,40	0,40	0,49
1700	0,28	0,33	0,33	0,40
1900	0,23	0,27	0,27	0,33
2100	0,20	0,20	0,23	0,28
2300	0,18	0,21	0,21	0,25
2500	0,16	0,19	0,19	0,22
2700	0,14	0,17	0,17	0,18
2900	0,12	0,15	0,15	0,14
3100	0,11	0,13	0,13	0,14
3300	0,11	0,12	0,12	0,12
3500	0,10	0,12	0,12	0,12
3700	0,10	0,11	0,11	0,11
3900	0,09	0,10	0,10	0,10
4100	0,08	0,10	0,10	0,10

Na podstawie przytoczonej tabeli można sporządzić wykres zmienności  $\Delta P_f$  w zależności od odległości, rodzaju wybuchu i wysokości wybuchu /rys.7/.

- Analizując tabelę i wykres można wyciągnąć następujące wnioski:
1. Nadciśnienie na czole fali uderzeniowej przy wybuchach naziemnych w rejonie wybuchu jest znacznie większe przy wybuchach naziemnych, niż przy wybuchach powietrznych, ale jednocześnie na większych odległościach występuje odwrotność tego zjawiska.

2. W miarę wzrostu wysokości wybuchu powietrznego spadek nadciśnienia przy wzroście odległości jest łagodniejszy.

b/ Promieniowanie świetlne.

Promieniowanie świetlne jest częścią ogólnej energii wybuchu jądrowego /ok. 30-40%/. Jest to przede wszystkim energia cieplna, która rozprzestrzeniając się na duże odległości może wywołać oparzenia, zapalić różne materiały, a nawet topić metale. Z tego też względu promieniowanie świetlne jest jednym z rażących czynników wybuchu jądrowego. Charakteryzuje się ono dwoma parametrami:

- natężeniem promieniowania świetlnego, zależnego tylko od temperatury źródła światła oraz
- czasem trwania promieniowania.

Nas interesuje jednak nie ilość energii wypromieniowanej, lecz ilość energii świetlnej, padającej przez cały czas promieniowania na powierzchnię  $1 \text{ cm}^2$  ciała, znajdującego się na określonej odległości od środka wybuchu w położeniu prostopadłym do kierunku rozchodzenia się promieni.

Ponieważ promieniowanie świetlne rozchodzi się we wszystkich kierunkach /sferycznie/ wobec tego wydzielająca się energia świetlna będzie rozkładana na powierzchnię kuli o promieniu R. Znając ogólną wartość energii świetlnej, jaka została wydzielona podczas wybuchu można obliczyć ilość energii przypadającej na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni ciała poddanego promieniowaniu /rys. 8/.

W ten sposób określono wartość "U", którą nazwano impulsem świetlnym. Wartość impulsu świetlnego w znacznym stopniu maleje ze wzrostem odległości, co przy wybuchu średniej mocy wykazuje tabela:

Odległość /w metrach/	Rodzaj wybuchu	
	Naziemny /H=0/	Powietrzny /H=300 m/
100 m	800	800
300	400	500
500	212	270
700	100	160
900	58	100
1100	38	68
1300	27	50
1500	20	36
1700	15	28
1900	12	22
2100	10	16
2300	8	11

Promieniowanie świetlne razi przez palenie i zwęglanie, względnie oparzenia i działanie na wzrok u ludzi. Ze względu na różne właściwości ciał i ich podatność na uszkodzenia, jako zasadniczy parametr działania promieniowania świetlnego przyjmuje się impuls świetlny.

Czas trwania promieniowania jest różny w zależności od mocy wybuchu jądrowego /od 3 do 8 sek/, jednak we wszystkich wypadkach zasadnicza część energii promieniowania świetlnego /ok. 85%/ wydziela się w ciągu pierwszej sekundy przy wybuchu małego kalibru i pierwszych dwóch sekund przy wybuchu dużego kalibru.

#### c/ Promieniowanie przenikliwe.

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech wybuchu jądrowego która odróżnia go od wybuchu zwykłych pocisków i bomb lotniczych jest promieniowanie przenikliwe. Promieniowanie<sup>m</sup> przenikliwe nazywa się emitowane podczas wybuchu promienie gamma i neutrony, które rozchodzą się z bardzo dużą prędkością i na duże odległości. Właściwością tych promieni jest możliwość przenikania przez różne przeszkody i szkodliwe oddziaływanie na organizmy żywe przez jonizację żywych tkanek i organów. Natężenie promieniowania maleje gwałtownie wraz z unoszeniem się obłoku wybuchu jądrowego, dlatego też przyjmuje się, że czas trwania promieniowania gamma wynosi około 10 sekund, a czas trwania promieniowania przenikliwego jest jeszcze krótszy.

Podczas oceny szkodliwego działania promieniowania, jako wskaźnika /parametru/ używa się pojęcia: d a w k a p r o m i e n i o w a n i a /Dpr/. Dawka promieniowania jest sumą dawki promieniowania gamma /D $\gamma$ / i dawki promieniowania neutronowego /Dn/.

$$Dpr = D\gamma + Dn$$

Dawka promieniowania jest to całkowita liczba par jonów, wytworzonych w 1 cm<sup>3</sup> ośrodka przez cały czas trwania promieniowania.

Dawkę promieniowania gamma wyraża się w rentgenach /r/, a dawkę promieniowania neutronowego w biologicznych rentgenorównoważnikach /brr/. Działanie 1 brr jest równoznaczne działaniu 1 r.

Dla oceny natężenia promieniowania używa się pojęcia: m o c d a w k i /P, Pn/ wyrażoną w rentgenach lub biologicznych rentgenorównoważnikach na jednostkę czasu /r /godz/.

Dawka promieniowania maleje gwałtownie przy wzroście odległości oraz wzrasta stopniowo w miarę upływu czasu od wybuchu.

Orientacyjne wartości dawek promieniowania podczas wybuchu jądrowego średniej mocy wykazuje tabelka:

Odległość od punktu zerowego w metrach	Wybuch naziemny	Wybuch powietrzny
300	ponad 400 000 r	ponad 300 000 r
400	265 500	212 500
500	104 000	88 000
600	52 500	42 500
700	23 750	19 280
800	13 150	10 650
900	7 250	5 850
1000	3 925	3 175
1100	2 100	1 700
1200	1 175	955
1300	650	530
1400	390	310
1500	235	195
1600	130	105
1700	60	45

Rozpatrując oddzielnie promieniowanie gamma i neutronowe należy stwierdzić, że dawka promieniowania gamma znacznie przewyższa dawkę promieniowania neutronowego. Duże znaczenie dla intensywności promieniowania neutronowego ma grubość skorupy głowicy jądrowej /im większa grubość - tym intensywniejsze promieniowanie/.

Promieniowanie przenikliwe wywołuje tzw. chorobę promieniową, którą poprzedza zwykle okres utajony.

#### d/ Promieniotwórcze skażenie terenu.

Promieniotwórcze skażenie terenu następuje na skutek opadania promieniotwórczych produktów, powstałych podczas wybuchu jądrowego na ziemię zarówno w miejscu wybuchu jak i na drodze poruszania się obłoku promieniotwórczego, W rejonie wybuchu skażenie powstaje również na skutek wytworzenia się sztucznej promieniotwórczości gleby pod wpływem działania neutronów.

Stopień skażenia promieniotwórczego oraz rozmiary skażonej strefy zależą od rodzaju i mocy wybuchu, a także od warunków meteorologicznych i charakteru terenu.

Stopień promieniotwórczego skażenia terenu określa się pojęciami: dawka promieniowania albo natężenie promieniowania beta i gamma mierzonymi przy powierzchni ziemi w rentgenach /r/, albo w rentgenach na godz.

Promieniotwórcze skażenie terenu w odróżnieniu od trzech pozostałych czynników utrzymuje się długo. W początkowym okresie dawka promieniowania stale rośnie przy zmniejszającym się natężeniu, a następnie maleje.

Największe promieniotwórcze skażenie terenu występuje podczas wybuchów naziemnych. Podczas wybuchów powietrznych występuje zasadniczo tylko w rejonie wybuchu i jest tym mniejsze, im większa jest wysokość wybuchu. Orientacyjne wartości natężenia promieniowania w rejonie naziemnego wybuchu jądrowego średniej mocy przedstawia tabela:

Odległość od pktu uderz.	Po czasie od momentu wybuchu:						
	30 min	1 godz	2 godz	5 godz	10 godz	1 doba	2 doby
0	9 000	4 000	1 750	580	250	80	40
200	1 850	800	350	120	50	13	8
500	185	80	35	12	5	-	-
750	30	12	5	-	-	-	-
1000	5	-	-	-	-	-	-

Orientacyjne wartości natężenia promieniowania w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego o średniej mocy:

Odległość od pktu rzutu	Po czasie od momentu uderzenia:						
	30min	1 godz	2 godz	5 godz	10 godz	1 doba	2 doby
0	70	65	57	40	27	12	5
200	33	30	26	19	12	5	-
500	5	3	-	-	-	-	-

Rażące działanie tego czynnika jest bardzo zbliżone do rażącego działania promieniowania przenikliwego.

Reasumując rozważania na temat rażącego działania wybuchu jądrowego należy stwierdzić, że jest to działanie wielokrotnie złożone ze względu na występowanie czterech zasadniczych czynników rażenia, uzależnionych od rodzaju celu i warunków działania.

Zasadniczymi czynnikami są:

a./ Podczas wybuchu powietrznego:

1. Fala uderzeniowa, której rażące działanie charakteryzuje przede wszystkim nadciśnienie na jej czole  $\Delta Pf$  wyrażone w  $\text{kg/cm}^2$ .
2. Promieniowanie świetlne - główny parametr: impuls świetlny  $U$   $\text{cal/cm}^2$ .
3. Promieniowanie przenikliwe, charakteryzujące się dawką promieniowania  $D_{pr} = D + D_n$   $/r/$  lub natężeniem promieniowania  $P_{pr}$   $\frac{r}{\text{godz}}$ .

b/ Podczas wybuchu naziemnego:

Oprócz powyższych czynników rażących występuje czwarty - promieniotwórcze skażenie terenu, charakteryzujący się dawką promieniowania beta i gamma /r/.

Jak wynika z dotychczasowego opisu - ocena wpływu rażących czynników wybuchu na cel jest skomplikowaną czynnością przez ilość czynników, warunki ich działania, charakter celu itp. Wykresy, służące do oceny skuteczności strzelania oparte są na pewnych średnich lub optymalnych wielkościach. Np. promień rażenia wybuchu jest promieniem porażenia kombinowanych t. powstających na skutek działania wszystkich czynników rażenia. W zależności od warunków działania czynniki te mogą odegrać różną rolę: np. w nocy promieniowanie świetlne będzie miało dalszy zasięg oddziaływania na siły żywe od fali uderzeniowej: promieniowanie przenikliwe potrafi zneutralizować akumulatory pojazdów mechanicznych i innych urządzeń nie zniszczone falą uderzeniową itp.

Wielkości promienia rażenia określone są w wykresach dla optymalnych wysokości wybuchów w stosunku do określonego celu, którego charakter jest także "uśredniony" /np. siła żywa w transzejach może być różnej wrażliwości w zależności od charakteru transzeji - przyjęto więc warunki średnie/.

Tak więc można wyciągnąć wniosek, że wykresy stanowią praktycznie uproszczone pomoce, eliminujące konieczność posługiwania się czasochłonnymi wyliczeniami przy pomocy wzorów.

Uwzględniając średnie warunki terenowe ustalono doświadczalnie wielkości promieni rażenia raketowych pocisków jądrowych w zależności od rodzaju celu, mocy pocisku i rodzaju wybuchu.

Wielkości tych promieni można odczytać z obydwu wykresów.

Ustalaając wielkości promieni rażenia pocisków jądrowych uwzględniono jedynie rażące ich działanie. Nie uwzględniono natomiast moralnego oddziaływania wybuchów jądrowych, gdyż jest ono niewymierne. Zdawać należy <sup>sobie</sup> jednak sprawę, że w wielu wypadkach mieć ono może bardzo poważny wpływ na działania bojowe wojsk.

Porównując promienie rażącego działania pocisków jądrowych dochodzimy do następujących wniosków:

- promień rażącego działania w dużej mierze zależy od rodzaju wybuchu, przy czym dla jednego rodzaju celów /np. ludzie poza ukryciami/ większe rażenie uzyskujemy wykonując wybuch powietrzny,

a w innym wypadku /np. ludzie w ukryciach/ większy promień rażenia daje wybuch naziemny. Niekiedy rażące działanie wybuchu naziemnego i powietrznego jest jednakowe /np. czołgi, artyleria/.

- im większa jest moc pocisku, tym większy promień rażącego działania.

Z powyższego wynikałoby, że chcąc na przykład razić ludzi w ukryciach, celowiej jest wykonać wybuch naziemny, gdyż zapewnia on większy promień rażenia. Jednak trzeba dodatkowo wziąć pod uwagę, że przy wybuchu naziemnym powstaje znaczenie większe, niż przy wybuchu powietrznym, promieniotwórcze skażenie terenu które może mieć poważny wpływ na dalsze nasze działania bojowe. Dopiero uwzględnienie obu tych czynników umożliwia podjęcie słusznej decyzji odnośnie wyboru rodzaju wybuchu.

Większy promień rażenia pocisków o większej mocy, może sugerować ~~choc~~ wykonania zadania zawsze pociskiem możliwie dużej mocy. W tym wypadku należy uwzględnić kilka czynników, o których będzie mowa w dalszych zajęciach. Teraz wspomnimy tylko, że wzrost mocy pocisku nie powoduje proporcjonalnego wzrostu promieniowania jego rażącego działania. Poza tym różne cele wymagać będą, dla odpowiedniego ich rażenia, pocisków o różnej mocy.

W związku z tym omówimy drugi czynnik wpływający na wynik strzelania, a mianowicie - rodzaj celów.

Na polu walki występują różne rodzaje celów, które mogą mieć także różne znaczenie taktyczne czy operacyjne. Zależnie od ważności celów należy zdecydować jakimi środkami będzie się je niszczyć.

Amunicję jądrową, ze względu na jej ogromną siłę rażenia będzie się stosować do celów najbardziej ważnych pod względem taktycznym i operacyjnym. Takimi celami mogą być:

- wyrzutnie raketowe;
- artyleria stosująca amunicję jądrową;
- składy i warsztaty elaboracji amunicji jądrowej;
- ześrodkowanie czołgów;
- odwody;
- zgrupowania artylerii;
- ważne węzły komunikacyjne;
- sztaby oddziałów /związków/, węzły łączności i inne.

Wszelkiego rodzaju cele można podzielić na dwie grupy: pierwsza - cele pojedyncze i druga - grupowe.

Do celów pojedynczych zalicza się: wyrzutnie raketowe, działa strzelające amunicją jądrową, pojedyncze budowle obronne, mosty itp.

Tak więc, celami pojedynczymi nazywa się takie cele: które w stosunku do strefy rażenia pocisku jądrowego mają nie duże wymiary. Z zasady stanowią one jedną jednostkę uzbrojenia lub umocnienia.

Do celów grupowych zalicza się: ześrodkowania czołgów, odwody, baterie artylerii, punkty /węzły/ oporu, kolumny itp.

Należy nadmienić, że te ostatnie z pośród grupowych celów /tzn. kolumny/ nazywamy celami liniowymi, a pozostałe - celami powierzchniowymi.

Grupowymi celami nazywa się takie cele, które składają się z kilku /kilkudziesięciu i więcej/ pojedynczych /elementarnych/ celów rozmieszczonych na pewnej powierzchni. Zazwyczaj cel grupowy ma stosunkowo duże wymiary tak wszerz jak i w głąb.

Rozmieszczenie poszczególnych elementarnych celów w ramach jednego celu grupowego może być nierównomiernie, tzn. w pewnych miejscach może być ich bardzo wiele, a w innych - wcale.

Ustalenie możliwości wykonania zadania przy prowadzeniu ognia do celu grupowego, w którym cele elementarne /pojedyncze/ są rozłożone nierównomiernie, wymagałoby wykonywania każdorazowo zbyt skomplikowanych i długich obliczeń, a przecież czas bardzo często jest jednym z decydujących czynników o wykonaniu zadania. Z tych względów przyjmuje się, że poszczególne cele elementarne /pojedyncze/, stanowiące cel grupowy są równomiernie<sup>ii</sup> rozmieszczone na całej powierzchni /cele powierzchniowe/ lub na całej jego długości /cele liniowe/. *Cele grupowe*

Cele powierzchniowe mogą posiadać kształty figur geometrycznych /prostokąt, kwadrat, koło, elipsa, trójkąt itp./, bądź też kształty nieforemne.

Znając promień rażenia pocisku jądrowego, rodzaj celu oraz sumaryczne błędy środkowe, jesteśmy w stanie określić w jakim stopniu można wykonać dane zadanie. Żeby jednak dać odpowiedź, czy cel zostanie zniszczony, czy też tylko obezwładniony, należy znać jakie wskaźniki trzeba brać za podstawę oceny strzelań. O tym właśnie będzie mowa niżej.

### 3. Wskaźniki skuteczności strzelania.

Zadaniem każdego strzelania, zarówno pociskami jądrowymi jak i zwykłymi, jest uzyskanie takiego rażenia celu, które zapewniłoby nam otrzymanie żądanego wyniku. Oznacza to, że ogień artylerii musi być przede wszystkim skuteczny, to znaczy taki, podczas którego postawione zadanie /obezwładnienie, zniszczenie, zburzenie/, wykonane zostanie w wyznaczonym czasie z jak najmniejszym zużyciem amunicji.

Przy rozwiązywaniu całego szeregu zadań związanych z użyciem pocisków jądrowych /ognia artylerii zwykłej/ należy zawczasu ocenić prawdopodobne wyniki strzelania oraz stopień pewności wykonania danego zadania, tzn. należy zajmować się oceną skuteczności strzelania.

Zadanie oceny strzelania będzie się więc sprowadzało do określenia wyniku strzelania, przy czym scharakteryzowanie wyniku strzelania przeprowadza się przy pomocy pewnych wielkości nazywanych wskaźnikami skuteczności strzelania. Ścisłe mówiąc, wskaźnikami skuteczności strzelania będą prawdopodobne liczbowe charakterystyki, za pomocą których ocenia się skuteczność strzelania. Wskaźniki skuteczności strzelania można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- wskaźniki stopnia pewności wykonania danego strzelania /zadania/;
- wskaźniki średniego wyniku strzelania.

Omówimy je kolejno przy prowadzeniu ognia do celów pojedynczych i grupowych.

#### a/ Wskaźniki skuteczności strzelania do celów pojedynczych

Podczas strzelania do pojedynczego celu można uzyskać tylko dwa wyniki: cel został rażony lub nie został rażony.

Cel będzie rażony w tym wypadku, jeżeli będzie pokryty strefą rażenia /rys. 9a, 9b/. Cel nie będzie rażony, jeżeli znajdzie się poza strefą rażenia pocisku /rys. 9c/.

Zgodnie z tym co pokazano na rysunku 9a i 9b cel będzie rażony wówczas, jeśli punkt zerowy wybuchu nie będzie dalej położony od celu niż promień rażenia pocisku jądrowego.

Z drugiej strony, cel nie będzie rażony o ile punkt zerowy wybuchu uchyli się o wielkość większą niż promień rażenia pocisku jądrowego /rys. 9c/.

Oceniając strzelanie do celów pojedynczych będą nas interesowały przypadki pokazane na rys. 9a i 9b, czyli rażenie celu. Aby więc określić liczbową charakterystykę rażenia celu, należy obliczyć prawdopodobieństwo trafienia w koło o promieniu równym promieniowi strefy rażenia R.

To prawdopodobieństwo /p/ jest prawdopodobieństwem rażenia celu i jednocześnie wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów pojedynczych.

Do określenia przybliżonej wartości prawdopodobieństwa rażenia celu /punktowego/ można wykorzystywać wzór na prawdopodobieństwo znajdowania się błędu wektora w granicach kręgu o promieniu "U".

$$p = 1 - e^{-\frac{2}{\pi} \frac{R^2}{U^2}} = 1 - e^{-\frac{2}{\pi} \left(\frac{R}{U}\right)^2}$$

gdzie: p - prawdopodobieństwo rażenia celu przy jednym strzale;

e = 2,71828... - podstawa logarytmów naturalnych;

S = 0,47694 - stały czynnik /granice całkowania, w których prawdopodobieństwo otrzymania błędu równa się 0,5/;

R - promień rażenia pocisku;

U - sumaryczny błąd środkowy błędów przygotowania danych i rozrzutu.

Jeżeli sumaryczne prawo błędów przygotowania danych i rozrzutu jest zbliżone do prawa kołowego, to w przybliżeniu można przyjąć

$$U = \frac{U_D + U_K}{2}$$

Jeśli by uprościć sprawę i przyjąć, że  $U_D = U_K$ , to moglibyśmy uważać, że cel będzie na pewno rażony w każdym wypadku o ile promień rażenia raketowego pocisku jądrowego /R/ byłby równy pięciu sumarycznym błędom środkowym /5U/, czyli innymi słowy prawdopodobieństwo rażenia celu /p/ równałoby się w tym wypadku 100%.

*zodnie rostrum gromy celu  
prawdopodobienstwo rażenia celu pojedynczego  
wzrost 20%, 30%, 40% przy d.  
wzrost 20%*

Gdy promień rażenia pocisku równa się czterem sumarycznym błędom środkowym, prawdopodobieństwo rażenia celu wynosi 97%.

Uwaga: Przy zastąpieniu błędów eliptycznych błędami kołowymi świadomie zakładamy popełnianie błędów przy określaniu prawdopodobieństwa, lecz za to bardzo znacznie upraszczają się obliczenia. Błędy popełniane przy obliczeniach nie przekraczają 5% i takich wielkości błędów w określaniu wskaźników skuteczności strzelania można nie brać pod uwagę.

Jak wykazują doświadczenia, praktycznie można uważać, że zadanie będzie wykonane o ile prawdopodobieństwo rażenia celu wynosi 90%. W tym wypadku, zadanie można uważać za wykonane jeżeli promień rażenia pocisku jądrowego wynosi 3,2 U/ rys.10/.

Z rysunku 10 wynika, że wszystkie wybuchy, których punkty zerowe uchylą się od celu /C/ na odległość nie większą niż 3,2 U /linia przerywana/ spełnią nasze wymagania, czyli zapewnią prawdopodobieństwo rażenia w 90%. Na rysunku pokazano ten właśnie skrajny wypadek.

Wartość prawdopodobieństwa rażenia celu wskazuje jak często przy powtórzeniu podobnych strzelań cel będzie rażony. Jeżeli na przykład wiadomo, że prawdopodobieństwo rażenia celu  $p = 0,8$  /80%/ oznacza to, że przy przeprowadzeniu dostatecznie dużej ilości analogicznych strzelań do danego celu średnio w 80 wypadkach na 100 cel będzie rażony /tzn. znajdzie się w zasięgu promienia rażenia pocisku/ i tylko w 20 wypadkach na 100 cel może nie być rażony /tzn. może znaleźć się poza zasięgiem promienia rażenia pocisku/. Przy ocenie pojedynczego strzelania prawdopodobieństwo rażenia celu oznacza jaka część we wszystkich warunkach określających wynik strzelania jest sprzyjająca do rażenia celu.

Tak więc, prawdopodobieństwo rażenia celu jest wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów pojedynczych, który pozwala nam ocenić stopień pewności wykonania postawionego zadania.

Praktycznie przyjmuje się, że zadanie zostanie wykonane /cel zostanie zniszczony/, jeżeli prawdopodobieństwo rażenia celu pojedynczego wynosi 90% lub więcej, a przy strzelaniu do mostów /zniszczenie mostu/ prawdopodobieństwo rażenia wynosi nie mniej niż 70%.

Dla praktycznego obliczenia prawdopodobieństwa rażenia celu sporządzone zostały odpowiednie wykresy.

b/ Wskaźniki skuteczności strzelania do celów grupowych /liniowych i powierzchniowych/

Cel grupowy może być całkowicie rażony lub częściowo, zależnie od tego jaka wielkość celu będzie pokryta strefą rażenia pocisku jądrowego.

Skoro przyjęto, że pojedyncze cele są równomiernie rozmieszczone na całej powierzchni celu, to procent rażenia celu /procent pokrycia powierzchni strefą rażenia pocisku/ jest jednocześnie procentem rażenia liczby celów.

Ponieważ strzelaniu będą towarzyszyły błędy przygotowania i rozrzutu, to wielkość rażonej powierzchni celu może być różna. Dlatego rażenie grupowego celu ocenia się na podstawie średniego wyniku.

Wielkościami charakteryzującymi rażenie celu grupowego

są:

- $L_0$  - pewnie rażona część celu /przy strzelaniu do celów liniowych - kolumn/;
- $S_0$  - pewnie rażona część celu /przy strzelaniu do celów powierzchniowych/;
- $M$  - nadzieja matematyczna rażonej części celu;
- $S_{max}$  - maksymalnie rażona część celu;
- $P_{Smax}$  - prawdopodobieństwo otrzymania  $S_{max}$ .

Celem liniowym będzie się nazywał taki cel grupowy, który można przyjąć jako pas o nieskończonej długości względnie szerokości /tzn. gdy długość lub szerokość jest większa od ośmiu sumarycznych błędów środkowych w danym kierunku/.

W takim wypadku, gdy długość /szerokość/ kolumny jest większa od  $8U$ , zawsze będziemy mieli pewność rażenia części kolumny. W przeciwnym razie, możemy niekiedy razić całą kolumnę, będą to jednak wypadki specyficzne i nimi zajmować się nie będziemy.

Obecnie interesować może nas pytanie, jakiej wielkości wyrażonej w sumarycznych błędach środkowych, powinien odpowiadać promień rażenia pocisku jądrowego, aby razić część celu liniowego z  $p = 90\%$ . Rozpatrzmy to na przykładzie.

### Przykład

Określić jaką wartość powinien posiadać promień rażenia pocisku jądrowego aby część kolumny była rażona z prawdopodobieństwem 90%. Kolumna maszeruje w kierunku pozycji startowej.

Nastawy przygotowano do punktu A.

### Rozwiązanie

Z rysunku widać, że warunki zadania zostaną wykonane, jeżeli maksymalne uchylenie punktu wybuchu nie przekroczy  $2,44 U_K$ , ponieważ wtedy w 90 wypadkach na 100 część celu będzie rażona.

Zadanie to można też rozwiązać przy pomocy tabeli funkcji  $\Phi/\beta/$ , która podaje zależność między wielkością danego błędu, a prawdopodobieństwem jego otrzymania. Z tabeli otrzymamy  $\Phi/\beta/ = \Phi /2,44/ = 0,90019$ .

Oznacza to, że o ile oddamy strzał pociskiem o promieniu rażenia odpowiadającym wielkości nie mniej niż  $2,44 U$ , to w 90 wypadkach na 100 razimy część kolumny.

Punkty zerowe wybuchu w podanym przykładzie mogą znajdować się w punkcie A /rys. 11/ i wtedy będzie rażona największa część celu /krag a/, względnie punkty zerowe wybuchu znajdą się w punktach  $A_1$  lub  $A_2$  i wtedy będzie rażona najmniejsza część celu /krag  $a_1, a_2/$ . Gdy punkt zerowy znajdzie się na odcinku  $A_1, A_2$ , również część celu będzie rażona.

Wszystkie te wypadki spełniają zadane warunki, lecz w zależności od położenia punktu zerowego, będzie rażona różna część celu.

Dla rażenia z góry podanej części celu z  $p = 90\%$  promień rażenia pocisku powinien być odpowiednio większy od  $2,44 U$ .

Ta część celu, która będzie rażona z  $p = 90\%$  nosi nazwę pewnie rażonej części celu  $/L_0/$  i jest ona wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów liniowych.

Wskazuje to nam jaka część celu na pewno zostanie rażona /tzn. z  $p = 90\%$ . Jeżeli np.  $L_0 = 30\%$  oznacza to, że przy prowadzeniu podobnych strzelań w 90 wypadkach na 100 razimy nie mniej niż 30% celu /długości kolumny/, a w 10 wypadkach może być rażona mniejsza część kolumny.

Przejdźmy do rozpatrzenia wskaźników skuteczności strzelania przy prowadzeniu ognia do celów powierzchniowych.

Jak już powiedzieliśmy wyżej, cel powierzchniowy może być rażony jednym pociskiem całkowicie /rys. 12a/ lub częściowo /rys. 12b/.

Z rys. 12 wynika, że również przy prowadzeniu ognia pociskami jądrowymi do celów powierzchniowych będziemy musieli rozpatrywać pewnie rażoną część celu  $/S_0/$ .

Pewnie rażona część celu  $/S_0/$  określa wielkość rażenia części powierzchni celu z prawdopodobieństwem 90% podczas jednego strzelania przy wykonaniu dostatecznie dużej ilości podobnych strzelań w takich samych warunkach. Jeżeli na przykład pewnie rażona część celu wynosi 25%, to znaczy, że przy dostatecznie dużej ilości podobnych strzelań w takich samych warunkach w 90 strzelaniach na 100 będzie rażona 25% i więcej powierzchni celu, a w 10 strzelaniach na 100 będzie rażone mniej niż 25% powierzchni celu.

Niekiedy może nas interesować również, jaką maksymalnie rażoną część celu  $/S_{max}/$  rażony przy wykonaniu uderzenia pociskiem jądrowym do określonego celu. Maksymalnie rażona część celu, wskazuje nam jaką największą część celu możemy rażić przy danym strzelaniu. Oczywiście, że prawdopodobieństwo otrzymania  $S_{max}$  będzie zawsze mniejsze od 90%.

Wielkość  $S_{max}$  i prawdopodobieństwo jego otrzymania będzie zależało od promienia celu  $/R_c/$  i promienia rażenia pocisku  $/R/$ .

Jeżeli:  $R_c > R$  - nie osiągnie się  $S_{max} = 100\%$ ;

$R_c = R = S_{max}$  może być równa 100% lecz  $P_{S_{max}} = 0$ ;

$R_c < R = S_{max}$  może być równa 100% i  $P_{S_{max}} \neq 0$ .

Tak więc wskaźniki strzelania do celów powierzchniowych są:

- $S_0$  - pewnie rażona część celu;
- $S_{max}$  - maksymalnie rażona część celu;
- $P_{S_{max}}$  - prawdopodobieństwo otrzymania  $S_{max}$ .

Na tym jednak poprzestać nie można, bowiem wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów grupowych, oprócz wyżej wymienionych, jest również nadzieja matematyczna rażonej części celu  $/M/$ .

Nadzieja matematyczna rażonej części celu  $/M/$  jest to taka część celu, która średnio będzie rażona na jedno strzelanie przy przeprowadzeniu dostatecznie dużej ilości podobnych strzelań. Np. jeśli wiadomo, że  $M = 46\%$  oznacza to, że przy przeprowadzeniu dużej ilości podobnych strzelań w jednakowych warunkach średnio będzie rażony 46% celu.

Nadzieję matematyczną pewnej wielkości zmiennej przypadkowej określa się jako sumę iloczynów poszczególnych wartości tej wielkości przez odpowiadające im prawdopodobieństwa. W naszym wypadku wielkością przypadkową jest wielkość rażonej części celu, stąd dla naszych warunków nadzieję matematyczną rażonej części celu można określić ze wzoru:

$$M = \sum_{i=0}^m N_i p_i$$

gdzie:  $N_i$  - poszczególne wartości rażonej części celu;  
 $p_i$  - odpowiadające im prawdopodobieństwa.

Nadzieję matematyczną rażonej części celu nie tylko nie pozwala na określenie stopnia pewności wykonania zadania, lecz również nie pozwala sądzić o tym czy dana część powierzchni celu na pewno będzie rażona.

Natomiast nadzieja matematyczna rażonej części celu może znaleźć szerokie zastosowanie do określenia średnich wyników strat nieprzyjaciela przy masowym użyciu pocisków jądrowych. Pozwala ona określić możliwe straty nieprzyjaciela i obliczyć prawdopodobny stosunek sił po masowym uderzeniu jądrowym.

Reasumując, wskaźnikami skuteczności strzelania pociskami jądrowymi są:

a/ do celów pojedynczych:

- prawdopodobieństwo rażenia celu  $/p/$ ;

b/ do celów grupowych:

- pewnie rażona część celu  $/L_0/$  przy strzelaniu do kolumn;

- pewnie rażona część celu  $/S_0/$  przy strzelaniu do celów powierzchniowych;

- nadzieja matematyczna rażonej części celu  $/M/$ ;

- maksymalnie rażona część celu  $/S_{max}/$ ;

- prawdopodobieństwo otrzymania maksymalnie rażonej części celu  $/p_{Smax}/$ .

Obecnie należy postawić pytanie, przy jakich wielkościach wskaźników zadanie zostanie wykonane.

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń i obliczeń teoretycznych ustalono, że dla zniszczenia takich celów jak:

- oddziały wyrzutni raketowych na stanowiskach startowych  
/położenie wyrzutni nie jest znane/ potrzeba  $S_0 = 80\%$ ;

- składy z pociskami jądrowymi potrzeba  $S_0 = 80 \%$ ;
- oddziały raketowe w rejonach ześrodkowania:  $S_0 = 40\%$
- pozostałe cele grupowe:  $S_0 = 40 \%$ .

Dla obezwładnienia celów powierzchniowych, które wymagają dla ich zniszczenia  $40\% S_0$  - wystarczy uzyskanie  $S_0 = 20\%$ .

Najlepiej można ocenić skuteczność strzelania pociskiem jądrowym do celu grupowego, przeprowadzając tak zwaną pełną ocenę skuteczności strzelania. Pełna ocena skuteczności strzelania będzie polegała na określeniu:

- pewnie rażonej części celu  $S_0$ ;
- nadziei matematycznej rażonej części celu  $M$ ;
- maksymalnie rażonej części celu  $S_{\max}$ ;
- prawdopodobieństwo otrzymania maksymalnie rażonej części celu  $P_{S_{\max}}$ .

Zagadnieniem obliczania tych wielkości zajmiemy się na następnych zajęciach.

## II. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów pojedynczych.

Celami pojedynczymi do których będziemy prowadzić ogień pociskami jądrowymi, mogą być: wyrzutnie raketowe, działa strzelające pociskami jądrowymi, mosty, schrony itp.

Cel pojedynczy będzie zawsze rażony wtedy, gdy zostanie pokryty strefą rażenia pocisku jądrowego. Zadaniem ognia skutecznego do celów pojedynczych, szczególnie takich jak wyrzutnie raketowe i działa strzelające amunicją jądrową, jest ich zniszczenie, tzn. zadanie takich uszkodzeń, które uniemożliwiłyby wykorzystanie tego sprzętu.

### a/ Określenie prawdopodobieństwa rażenia celów pojedynczych przy użyciu jednego pocisku jądrowego.

Wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów pojedynczych /o czym już mówiliśmy na poprzednich zajęciach/ jest prawdopodobieństwo rażenia. Zależy ono od:

- mocy pocisku jądrowego /która określa promień strefy rażenia/;
- rodzaju celu;
- błędów przygotowania nastaw i rozrzutu /sumaryczne błędy środkowe/.

Prawdopodobieństwo rażenia celu pojedynczego określa się na podstawie prawdopodobieństwa trafienia w około przy błędach towarzyszących danemu strzelaniu, charakteryzujących się prawem eliptycznym. Jeżeli znane jest prawdopodobieństwo rażenia można również określić potrzebną moc pocisku jądrowego.

Zadanie obliczenia prawdopodobieństwa trafienia w około rozwiązuje się we wszystkich tych wypadkach, gdy cel może być rażony nie tylko przez bezpośrednie trafienie, lecz i wtedy, gdy wybuch pocisku nastąpi w pewnej odległości od celu nie przekraczającej wielkości promienia rażenia.

Oznacza to, że jeżeli obliczy się prawdopodobieństwo trafienia w około o promieniu  $R$  równym promieniowi strefy rażenia pocisku jądrowego, to będzie ono prawdopodobieństwem rażenia celu, o ile planowany punkt zerowy pokrywa się ze środkiem celu /z celem/.

Ponieważ błędy towarzyszące strzelaniu podlegają prawu eliptycznemu, a do rozwiązania tego zadania należy obliczyć prawdopodobieństwo trafienia w około - zachodzi więc konieczność obliczenia tego prawdopodobieństwa z uwzględnieniem wielkości promienia rażenia  $R$  i wielkości charakteryzujących sumaryczny błąd środkowy położenia punktu wybuchu  $U_D$  i  $U_K$ .

Prawdopodobieństwo trafienia w około przy eliptycznym rozrzucie określa się za pomocą specjalnych tabel, na podstawie których sporządzono wykresy. Aby określić przy pomocy tych wykresów prawdopodobieństwo rażenia celu pojedynczego należy znać:

- moc pocisku / $q$ /
- rodzaj celu
- odległość strzelania / $D$ /.

Na wykresie moc pocisku oznaczona jest wartościami w KT na lewej części dolnej ramki /od 2 do 1 000/.

Rodzaje celów opisane są wzdłuż krzywych, odpowiadających tym celom.

Odległości strzelania wprowadzone są w postaci skalowanych odcinków w prawej dolnej części wykresu.

#### Ćwiczenia:

/do wykorzystania w ramach zajęć praktycznych/.

Cwicz. 1: Określić prawdopodobieństwo rażenia wyrzutni raketowej Honest John pociskiem o mocy 3 KT. Ogień prowadzi wyrzutnia z drt. Odległość strzelania = 15 km. Wybuch powietrzny. Wyrzutnia znajduje się na stanowisku startowym.

/Odp:  $P = 85\%$ /

Cwicz. 2: Określić prawdopodobieństwo rażenia wyrzutni raketowej "Corporal" pociskiem o mocy 40 KT przy wybuchu powietrznym. Strzelanie prowadzi wyrzutnia raket operacyjno-taktycznych na odległość 80 km. Cel znajduje się na stanowisku startowym.

/Odp:  $P = 99\%$ ./

W praktyce na polu walki bardzo często trzeba będzie określać moc pocisku jądrowego, potrzebną do zniszczenia określonego rodzaju celu. Określenia tego można dokonać przy pomocy tego samego wykresu. Sposób określenia wymaganej mocy pocisku można rozpatrzeć na przykładzie następujących ćwiczeń.

Cwicz. 3: Określić niezbędną moc pocisku jądrowego do zniszczenia działa atomowego jeżeli wiadomo, że strzelanie ma wykonać wyrzutnia raket taktycznych na odległości 25 km.

Charakterystyka celu: Hb 203,2 mm na nieprzygotowanym SO.

/Odp: Potrzebna jest moc ok. 14 KT. Dla zachowania warunku  $P = 90\%$  należy wziąć kolejny, mocniejszy ładunek, czyli 20 KT/.

Prowadząc ogień do celu pojedynczego nie zawsze będzie można wykonać zadanie jednym pociskiem jądrowym określonej mocy, przy czym nie będzie się dysponować pociskami większej mocy. Nasuwają się więc pytania:

1. Jakie prawdopodobieństwo rażenia celu uzyskamy przy użyciu dwóch i więcej pocisków jądrowych?
2. Ile pocisków jądrowych o danej mocy należy użyć, aby uzyskać prawdopodobieństwo rażenia wymagane dla jego zniszczenia?

Z teorii prawdopodobieństwa wiadomo, że prawdopodobieństwo otrzymania jednego z przeciwnych zdarzeń /w tym wypadku chodzi o rażenie celu/ co najmniej jeden raz przy  $N$  strzałach można wyrazić wzorami:

$$P_I = 1 - q^N$$

lub

$$P_I = 1 - /1 - p/^N$$

gdzie:

$P_I$  - prawdopodobieństwo znalezienia się celu w zasięgu promienia rażenia co najmniej jednego pocisku jądrowego;

$q$  - prawdopodobieństwo nie uzyskania rażenia celu przy jednym strzale;

$p$  - prawdopodobieństwo rażenia celu przy jednym strzale;

$N$  - ilość pocisków jądrowych.

Ze wzoru tego wynika, że prawdopodobieństwo znalezienia się celu w promieniu rażenia pocisku jest tym większe, im większe jest prawdopodobieństwo rażenia celu jednym pociskiem lub im większa ilość pocisków zostanie zużyta.

Cwicz. 4: Określić prawdopodobieństwo rażenia mostu kolejowego jednym pociskiem jądrowym o mocy 40 KT z wyrzutni operacyjno-taktycznej na odległości strzelania 150 km przy wybuchu powietrznym.

/Odp:  $P = \text{ok. } 40\%$ , co jest niewystarczające wobec wymaganych  $70\%$ . Należy więc założyć zużycie większej ilości pocisków/.

Cwicz. 5: Określić prawdopodobieństwo rażenia mostu żelaznego co najmniej jednym pociskiem, przy użyciu 3 pocisków o mocy 40 KT. Pozostałe dane - jak w poprzednim ćwiczeniu.

Rozwiązanie: Przy jednym strzale  $P = 40\%$ . Przy użyciu 3 pocisków jądrowych  $P$  określa się z podanego uprzednio wzoru:

$$P_I = 1 - /1 - p/^N = 1 - /1 - 0,40/3 = 1 - 0,60^3 = 1 - 0,216000 = 0,784$$

/Odp: Przy użyciu 3 pocisków  $P = 78,4 \%$ /

Może zaistnieć konieczność prowadzenia ognia do jednego celu kilkoma pociskami różnej mocy, lub pociskami o tej samej mocy z różnych wyrzutni, dla których odległość strzelania może być także różna. W takim wypadku należy określać prawdopodobieństwo znalezienia

się celu w promieniu rażenia co najmniej jednego pocisku jądrowego przy prowadzeniu ognia kilkoma pociskami różnej mocy lub jednakowymi pociskami na różnych odległościach strzelania /z różnych stanowisk startowych/. Służy do tego wzór:

$$P_I = 1 - /1 - p_1/ /1 - p_2/ \dots /1 - p_n/$$

gdzie:

$p_1$  - prawdopodobieństwo rażenia celu pociskiem o mocy  $q_1$  na daną odległość strzelania;

$p_2$  - prawdopodobieństwo rażenia celu pociskiem o mocy  $q_2$  na daną odległość strzelania;

$p_n$  - prawdopodobieństwo rażenia celu pociskiem o mocy  $q_n$  na daną odległość strzelania.

Cwiczenie 6: Określić prawdopodobieństwo rażenia wyrzutni "Redstone" co najmniej jednym pociskiem jądrowym przy wybuchu powietrznym. Zadanie wykonują wyrzutnie operacyjno-taktyczne:

wyrz. nr 1 : D = 140 km, pocisk o mocy 50 KT;

wyrz. nr 2 : D = 160 km, pocisk o mocy 100 KT.

Rozwiązanie: Dla wyrzutni nr 1  $P = 68\%$ , a dla wyrzutni nr 2  $P = 82\%$ .

Wartości podstawić do wzoru:

$$P_I = 1 - /1 - 0,68/ /1 - 0,82/ = 1 - 0,32 \cdot 0,18 = \\ = 1 - 0,0576 = 0,9424$$

/Odp: Zadanie zostanie wykonane, gdyż prawdopodobieństwo rażenia celu co najmniej jednym pociskiem = 94,24 %/.

Można przystąpić do dalszego udogodnienia obliczeń, w których nie stosuje się dowolności w określaniu ilości przeznaczonych do zużycia pocisków. Rozwiązywanie zagadnienia, które dałoby odpowiedź na drugie z postawionych poprzednio pytań doprowadzi do określenia optymalnej ilości pocisków w stosunku do wymaganego prawdopodobieństwa rażenia celu. Za punkt wyjścia posłuży znany już wzór:

$$P_I = 1 - /1 - p/N$$

z którego należy określić wartość  $N$  /tj. ilość potrzebnych pocisków/.

Wyznaczenie wartości  $N$  wymaga znajomości:

$P_I$  = wymagane prawdopodobieństwo rażenia celu jednym pociskiem, które wynosi 90 lub 70% w zależności od charakteru celu.

$p$  = prawdopodobieństwo rażenia celu jednym pociskiem /określa się z wykresu na podstawie znanych: odległości strzelania, rodzaju celu i mocy pocisku/

Po ustaleniu powyższych wielkości zadanie sprowadza się do wyznaczenia wartości  $N$  drogą przekształceń:

$$1 - P_I = /1 - p/^N;$$

$$\lg /1 - P_I/ = N \lg /1 - p/;$$

$$N = \frac{\lg /1 - P_I/}{\lg /1 - p/}$$

Cwicz.7: Obliczyć niezbędną ilość pocisków jądrowych o mocy 40 KT dla zniszczenia kolejnego mostu żelaznego. Ogień wykonują wyrzutnie operacyjno-taktyczne na odległości strzelania 150 km.

Rozwiązanie:  $P_I = 70\%$ ;  $p = 40\%$ .

$$N = \frac{\lg /1 - 0,70/}{\lg /1 - 0,40/} = \frac{\lg 0,30}{\lg 0,60} = \frac{1,4771}{1,7782} = \frac{0,4771 - 1}{0,7782 - 1} = \frac{-0,5229}{-0,2218} = 2,4$$

/Odp : Dla zniszczenia mostu żelaznego potrzeba zużyć 3 pociski o mocy 40 KT aby zachować 70 %  $P_I$ .

*Wniosek*

Z przerobionych przykładów wynikają następujące wnioski:

1. Wyrzutnie rakiet taktycznych są bardzo wydajnym sprzętem dla dosyłania pocisków jądrowych do celów pojedynczych. Przy pomocy tych rakiet jesteśmy w stanie razić cele pojedyncze z prawdopodobieństwem 90%.

Jednak możliwości skutecznego zwalczania celów pojedynczych nie można utożsamić z celowością prowadzenia do nich ognia pociskami jądrowymi. Pociskami jądrowymi będą zwalczane tylko cele najważniejsze, szczególnie te, których nie ma możliwości zwalczania środkami

klasycznymi /lotnictwo, artyleria/. Prawie w każdym wypadku pociskami jądrowymi będą niszczone wyrzutnie nieprzyjaciela przy których stwierdzono obecność środków jądrowych.

2. Wyrzutnie raket operacyjno-taktycznych są mniej wydajne, przy prowadzeniu ognia do celów pojedynczych, niż wyrzutnie taktyczne. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż wyrzutnie operacyjno-taktyczne prowadzą ogień na znacznie większe odległości, a w miarę wzrostu odległości strzelania zwiększają się bezwzględne wartości sumarycznych błędów środkowych.

Stąd powstaje konieczność, w niektórych wypadkach, zwalczania celów pojedynczych kilkoma pociskami jądrowymi. Są one jednak o wiele więcej wydajne przy prowadzeniu ognia do celów grupowych, o czym będzie mowa na kolejnych zajęciach.

3. Jeżeli zadanie wykonuje się kilkoma pociskami, ogień wykonuje się na jednej nastawie. Gdy istnieje możliwość dokonywania kontroli ognia, po otrzymaniu danych o uchyleniu pierwszego wybuchu, przed wystrzeleniem kolejnych pocisków poprawia się odpowiednio nastawy. Jeżeli zostanie stwierdzone, że cel został rażony dalsze strzelanie natychmiast zostaje przerwane.

### III. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów powierzchniowych.

Typowymi celami dla pocisków jądrowych będą cele powierzchniowe.

W I rozdziale stwierdziliśmy, że jednym ze wskaźników skuteczności strzelania do celów powierzchniowych jest pewnie rażona część celu  $/S_0/$ . Chcąc mieć dużą pewność wykonania zadania, prawdopodobieństwo otrzymania pewnie rażonej części celu przyjęliśmy równe 90%. Inaczej mówiąc, w 90 wypadkach na 100 powinna być rażona powierzchnia nie mniejsza aniżeli wielkość pewnie rażonej części celu. Liczymy się więc z możliwością, że w pozostałych 10 wypadkach na 100 będzie rażona mniejsza powierzchnia od obliczonej przez nas wielkości pewnie rażonej części celu.

Stwierdziliśmy również, że dla zniszczenia celu powierzchniowego należy uzyskać następujące wielkości pewnie rażonej części celu  $/S_0/$ :

- zone*
- przy niszczeniu oddziałów wyrzutni raketowych na stanowiskach startowych, gdy położenie wyrzutni nie jest znane, oraz składów pocisków jądrowych  $S_0$  powinno wynosić nie mniej niż 80%;
  - przy niszczeniu oddziałów rakiet w rejonie ześrodkowania  $S_0 = 40\%$ ;
  - przy niszczeniu innego rodzaju celów powierzchniowych  $S_0$  powinno wynosić nie mniej niż 40%.
- Dla obezwładnienia przyjmuje się  
 $S_0 = 20\%$

Po przygotowaniu nastaw do środka celu  $/U/$  pocisk może uchylić się o pewną wielkość. Gdy wybuch nastąpi w punkcie "W" wówczas strefa rażenia pokryje część celu  $/rys. 13/$ . Pewnie rażoną część celu z prawdopodobieństwem równym 90% uzyskamy wówczas, gdy punkt zerowy wybuchu nie uchyli się poza granice obwodu koła o promieniu  $3,2 U$   $/$ prawdopodobieństwo znalezienia się punktu zerowego wybuchu w granicach tego koła wynosi 90% $/$ . A więc w 90 wypadkach na 100 punkt zerowy wybuchu pocisku nie wyjdzie poza obwód tego koła.

W zależności od tego, jak daleko uchyli się punkt zerowy od środka celu będzie rażona odpowiednia część celu ABCD. Pewnie rażoną częścią celu  $S_0$  będzie ta powierzchnia, która zostanie objęta strefą rażenia pocisku przy uchyleniu się punktu zerowego wybuchu o wielkość  $3,2 U$  od środka celu  $/wypadek ten pokazano na rysunku  $S_0$  - zakreskowano/ $/$ .$

*zacz*

Jeżeli punkt zerowy wybuchu pokryje się ze środkiem celu, wówczas otrzymamy maksymalnie rażoną część celu  $/S_{max}/$ . W wypadku, gdy promień celu jest większy od promienia rażenia pocisku, nigdy nie razimy całej powierzchni celu, natomiast gdy promień celu jest równy lub mniejszy od promienia rażenia pocisku, wówczas można uzyskać rażenie całej powierzchni celu.

Pewnie rażoną część celu można obliczyć sposobem analitycznym, co jest jednak czasochłonną czynnością. Przy pomocy wzorów analitycznych obliczono także wykresy dla celów powierzchniowych, które upraszczają czynności określania wskaźników skuteczności strzelania. Dla określenia  $S_0$  przy pomocy wykresu należy znać:

- odległość strzelania  $/D/$ ;

- zauw*
- moc pocisku /q/;
  - rodzaj celu;
  - powierzchnię celu /S<sub>0</sub>/.

Sposób posługiwania się wykresami można przedstawić na przykładach ujętych w treści ćwiczeń.

Cwicz. 8: Wyrzutnia z drt wykonuje strzelanie pociskiem 3 KT do sił żywych odkrytych, rozmieszczonych na powierzchni szerokości 3 km i głębokości 4 km. Wybuch powietrzny. Odległość strzelania 18 km. Określić pewnie rażoną część celu /S<sub>0</sub>/ i maksymalnie rażoną część celu /S<sub>max</sub>/.

/Odp: S<sub>max</sub> = 30 %; S<sub>0</sub> = 28 %/.

Cwicz. 9: Wyrzutnia rakiet operacyjno-taktycznych wykonuje strzelanie do baterii wyrzutni "Corporal" pociskiem o mocy 40 KT. Wybuch powietrzny. Odległość strzelania 70 km. Powierzchnia celu 3 km<sup>2</sup>. Określić pewnie rażoną część celu.  
/Odp. S<sub>0</sub> = 91 %/.

W wypadkach, gdy strzelający dysponuje pociskami o różnej mocy może nasunąć się zagadnienie doboru najwłaściwszego pocisku dla zachowania ekonomiki użycia broni jądrowej. Optymalną moc pocisku jądrowego można także określić z wykresu, który służył określaniu dotychczas szukanych parametrów. Aby można było rozwiązać to zadanie należy znać następujące dane:

- zauw*
- odległość strzelania;
  - rodzaj celu;
  - powierzchnię celu;
  - wymagany procent S<sub>0</sub>;

Określenie wymaganej mocy sprowadzi się do wykonania odwrotnych czynności na wykresie, co zilustrują ćwiczenia.

Cwicz. 10: Określić niezbędną moc pocisku jądrowego dla zniszczenia dywizjonu "Honest John" na stanowiskach startowych. Powierzchnia celu 1,5 km<sup>2</sup>. Strzelanie wykonuje wyrzutnia taktyczna na odległości strzelania 28 km przy wybuchu powietrznym. / Wymagane S<sub>0</sub> = 80% /.

/Odp: Wymagana moc wynosi 2,5 KT, co w praktyce sprowadzi się do użycia najslabszego wagomiaru = 3 KT/.

Cwicz. 11: Określić potrzebną moc pocisku jądrowego do zniszczenia sił żywych w transzejach. Powierzchnia celu =  $50 \text{ km}^2$ . Ogień prowadzi wyrzutnia operacyjno-taktyczna na odległości 150 km. Wybuch powietrzny. /Wymagane  $S_0 = 40\%$ /

/Odp: Wymagana moc = 300 KT/.

Rozwiązanie ćwiczenia 11 ujawniło powstanie nowego problemu, polegającego na nie posiadaniu pocisków o mocy 300 KT. W takim wypadku korzysta się z tabeli do przeliczenia mocy pocisków jądrowych /zał. nr 1/. Z tabeli wynika, że można zastosować trzy pociski po 40 KT/

Ostrzał celu powierzchniowego kilkoma pociskami jądrowymi należy rozpatrzyć w dwu wariantach:

- a/ pododdziały pomiarowe określają w ramach kontroli ognia położenie wybuchów jądrowych;
- b/ nie przewiduje się określania położenia wybuchów jądrowych.

W pierwszym wypadku planuje się punkt celowania na środku celu, lub na wybranym obiekcie w granicach celu. Po dokonaniu wcięcia wybuchu nanosi się na mapę kierowania ogniem wybuch, stosując rzeczywisty promień rażenia. Powierzchnię celu leżącą poza strefą rażenia traktuje się jako następny cel i planuje kolejne uderzenie wg omówionych zasad /Rys. 14a/.

W drugim wypadku wybiera się wymaganą ilość punktów celowania na powierzchni celu z takim wyliczeniem, aby promienie rażenia nie wychodziły poza cel i nie nakrywały się wzajemnie /Rys. 14b/. Jeżeli cel jest mniejszy - należy unikać wychodzenia promieni poza powierzchnię celu, dopuszczając nakrywanie się promieni rażenia /Rys. 14c/.

Wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów grupowych jest również n a d z i e j a m a t e m a t y c z n a rażonej części celu. Znajomość obliczania nadziei matematycznej rażonej części celu ma szczególne znaczenie w stosunku do celów powierzchniowych, dlatego też dalsze rozważania pójdą w tym kierunku.

Nadzieja matematyczna rażonej części celu jest to taka część celu, która średnio będzie rażona na jedno strzelanie przy przeprowadzeniu dostatecznie dużej ilości podobnych strzelań. Nie jest ona związana z pewnością lub prawdopodobieństwem rażenia, jak to przyjęto np. dla wskaźnika skuteczności strzelania  $S_0$ .

Wielkość nadziei matematycznej rażonej części celu zależy od:

- rodzaju celu;
- powierzchni celu;
- mocy pocisku jądrowego;
- wielkości sumarycznych błędów środkowych.

Nadzieję matematyczną pewnej wielkości zmiennej przypadkowej oblicza się ze wzoru:

$$M = \sum_{i=1}^n N_i p_i$$

gdzie:

- $N_i$  - poszczególne wartości rażonej części celu;
- $p_i$  - odpowiadające im prawdopodobieństwa.

Dla praktycznego obliczania nadziei matematycznej rażonej części celu służy dotychczas poznany wykres. Aby przy jego pomocy można było rozwiązać zadanie - należy znać:

- odległość strzelania;
- moc pocisku jądrowego;
- rodzaj celu;
- powierzchnię celu.

Cwicz. 12: Wyrzutnia rakiet taktycznych prowadzi ogień do sił żywych w tranzejach. Powierzchnia celu  $9 \text{ km}^2$ . Moc pocisku 20 KT. Wybuch powietrzny. Odległość strzelania 25 km. Określić nadzieję matematyczną rażonej części celu.

/Odp:  $M_0 = 40\%$ , tzn., że przy przeprowadzeniu dużej ilości podobnych strzelań średnio na każde strzelanie może być rażonych 40% powierzchni celu/.

Cwicz. 13: Wyrzutnia rakiet operacyjno-taktycznych prowadzi ogień do sił żywych w czołgach. Powierzchnia celu =  $35 \text{ km}^2$ . Moc pocisku 100 KT. Wybuch powietrzny. Odległość strzelania 140 km. Określić nadzieję matematyczną rażonej części celu.

/Odp:  $M_0 = 10\%$  /.

Zastosowanie nadziei matematycznej rażonej części celu może znaleźć zastosowanie w określaniu przewidywanych strat nieprzyjaciela

w wypadku wykonania zmasowanych uderzeń jądrowych, Przykład zastosowania znajduje się w Ćwiczeniu 14.

Cwicz.14: Rozpoznano cztery grupy bojowe i batalion czołgów npla. Stwierdzono, że grupy bojowe i batalion posiadają następujące charakterystyki:

- 1 gb = 20 km<sup>2</sup>, siła żywa odkryta;
- 2 gb = 30 km<sup>2</sup>, siła żywa w transzejach;
- 3 gb = 24 km<sup>2</sup>, siła żywa odkryta;
- 4 gb = 32 km<sup>2</sup>, siła żywa w schronach;
- bcz = 36 km<sup>2</sup>, siła żywa w czołgach.

Przewiduje się wykonanie pięciu uderzeń jądrowych z zastosowaniem wybuchów powietrznych. Dokonano podziału zadań, z którego wynika, że:

- 1 gb zwalcza drt pociskiem 10 KT na odległości 28 km;
- 2 gb " drot " 50 KT na " 150 km;
- 3 gb " drt " 20 KT na " 30 km;
- 4 gb " drot " 100 KT na " 140 km;
- bcz " drot " 200 KT na " 100 km.

Określić średnie, przewidywane straty nieprzyjaciela, o ile uderzenia te zostaną wykonane.

Rozwiązanie:

Nadzieję matematyczną rażonej części celu określa się z wykresu:

- 1 gb - M = 36 %
- 2 gb - M = 22 %
- 3 gb - M = 38 %
- 4 gb - M = 34 %
- bcz - M = 31 %

Na podstawie sumy powierzchni celów i rażonej powierzchni oblicza się średnie straty nieprzyjaciela.

Suma powierzchni celów	M	Suma rażonej powierzchni
1 gb - 20 km <sup>2</sup>	35 %	7,2 km <sup>2</sup>
2 gb - 30 km <sup>2</sup>	22 %	6,6 km <sup>2</sup>
3 gb - 24 km <sup>2</sup>	38 %	9,1 km <sup>2</sup>
4 gb - 32 km <sup>2</sup>	34 %	10,8 km <sup>2</sup>
bez - 36 km <sup>2</sup>	31 %	11,1 km <sup>2</sup>

$$S_0 = 142 \text{ km}^2$$

$$S_{cr} = 44,8 \text{ km}^2$$

Srednią nadzieję matematyczną rażonej części celu  $M_{sr}$  oblicza się ze wzoru:

$$M_{sr} = \frac{S_{cr}}{S_0} \cdot 100 = \frac{44,8}{142} \cdot 100 = 31,5 \%$$

/Odp: Po wykonaniu wszystkich uderzeń jądrowych można się spodziewać, że średnio ulegnie rażeniu 31,5% zwalczanych celów, czyli siły zgrupowania zostaną zmniejszone o ok. 1/3./

Z dotychczasowych rozważań wynika, że pełna ocena skuteczności strzelania polega na określeniu następujących wskaźników:

- $S_0$  - pewnie rażonej części celu;
- M - nadziei matematycznej rażonej części celu;
- $S_{max}$  - maksymalnie rażonej części celu;
- $P_{S_{max}}$  - prawdopodobieństwo otrzymania maksymalnie rażonej części celu.

#### IV. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego do celów liniowych,

Ogień skuteczny pociskami jądrowymi do kolumn w marszu należy wykonywać w tych wypadkach, gdy nie istnieje możliwość obezwładnienia wojsk nieprzyjaciela w rejonach ześrodkowania lub na podstawach wyjściowych, przy tym długość kolumny powinna być większa od 8 sumarycznych błędów środkowych położenia punktu wybuchu  $/U_D$  lub  $U_K/$ .

Kolumna może być całkowicie lub częściowo rażona, zależnie od tego jaka jej wielkość będzie pokryta strefą rażenia pocisku.

Wykonanie ognia do kolumn powinna poprzedzać dokładna analiza jego opłacalności.

Jak wiemy z poprzednich wykładów, wskaźnikiem skuteczności strzelania, przy prowadzeniu ognia do kolumn, jest pewnie rażona część celu  $/kolumny/ L_0$ .

Pewnie rażona część kolumny  $/L_0/$  określa wielkość rażenia części kolumny z prawdopodobieństwem  $/pewnością/ 90%$  podczas jednego strzelania, przy wykonaniu dostatecznie dużej ilości podobnych strzelań w takich samych warunkach.

Długość rażonej części kolumny zależy od:

- długości kolumny;
- mocy pocisku  $/promienia strefy rażenia/;$
- wielkości sumarycznych błędów środkowych  $/położenia punktu wybuchu  $/U_D$  i  $U_K/$ .$

Przyjmujemy, że pod terminem "zwalczanie kolumn" rozumiemy będziemy zwalczanie ludzi w samochodach  $/ludzi poza ukryciem/$  i ludzi w czołgach.

Podobnie jak przy celach powierzchniowych, przyjmujemy, że jeżeli uzyskamy  $L_0 \geq 40%$  cel zostanie zniszczony a dla obezwładnienia  $L_0 \geq 20%$ .

Ponieważ założyliśmy, że długość kolumny powinna przekraczać 8 sumarycznych błędów środkowych  $/U_D$  lub  $U_K/$  dlatego traktować je będziemy jako cele o nieskończonej długości.

Wiadomo, że cel będzie rażony, jeżeli planowany punkt zerowy uchyli się od celu o wielkość nieprzekraczającą promienia strefy rażenia  $R$ . Prawdopodobieństwo rażenia celu /pokrycie strefą rażenia/ można określić jako prawdopodobieństwo trafienia pocisku w pas ABDE o nieskończonej długości /rys. 19/. Proste AB i DE wyznaczają ten pas za położone w jednakowej odległości  $m$  od celu, przy czym  $m \leq R$ .

Jeżeli planowany punkt zerowy pokrywa się ze środkiem celu /środkiem pasa/, wzór do obliczenia prawdopodobieństwa trafienia w pas o nieskończonej długości i szerokości  $2m$ , będzie miał postać:

$$p = \Phi / \frac{m}{d} /$$

gdzie:  $m$  - połowa szerokości pasa;

$d$  - uchylenie w kierunku prostopadłym do kierunku celu spowodowane rozrzutem eliptycznym.

Aby jednak rozwiązać postawione zadanie, należy obliczyć nie prawdopodobieństwo rażenia celu, lecz długość rażonej części kolumny przy określonym prawdopodobieństwie rażenia, które powinno wynosić 90% /0,9/.

Tak więc wzór  $p = \Phi / \frac{m}{d} /$  przyjmie postać:

$$\Phi / \frac{m}{d} / = 0,9.$$

W tabeli funkcji  $\Phi / \beta /$  podano, że  $\Phi / \beta = 0,9$ , jeżeli  $\beta = 2,44$ , czyli  $\frac{m}{d} = 2,44$ .

A więc  $m = 2,44 d$ .

Jak widać z rysunku /15/ wielkość  $d$  zależy od wielkości sumarycznych błędów położenia punktu wybuchu  $U_D$  i  $U_K$ .

Jeżeli więc  $\alpha = 0^\circ$ , wówczas  $m = 2,44 U_K$ , natomiast gdy  $\alpha = 90^\circ$ , wówczas  $m = 2,44 U_D$ , w tych wypadkach nie trzeba obliczać  $d$ . Natomiast gdy  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ,  $d$  oblicza się ze wzoru:

$$d = \sqrt{U_D^2 \cdot \sin^2 \alpha + U_K^2 \cos^2 \alpha}$$

Na podstawie znanej wielkości  $m$  /rys. 16/ można obliczyć długość pewnie rażonej części celu w metrach /  $L_m$  /.

Z rysunku /16/ widać, że  $L_M$  odpowiada odcinkowi  $AB = AC + CB$  przy czym  $AC = CB = \frac{1}{2} AB$ .

Z trójkąta  $ACW$  można obliczyć  $AC$ :

$$AW^2 = CW^2 + AC^2$$

$$AW^2 - CW^2 = AC^2; \quad AW = R; \quad CW = m$$

$$AC = \sqrt{AW^2 - CW^2} = \sqrt{R^2 - m^2}, \quad \text{stad}$$

$$AB = L_M = 2 \sqrt{R^2 - m^2}.$$

Pewnie rażoną część celu /  $L_0$  / w stosunku do całej długości celu oblicza się w procentach ze wzoru:

$$L_0 = \frac{L_M}{L} \cdot 100$$

Posługiwanie się tymi wzorami dla obliczania  $L_0$  można rozpatrzeć na następującym przykładzie:

Obliczyć pewnie rażoną część kolumny piechoty na samochodach. Długość kolumny 10000 m. Ogień prowadzi wyrzutnia rakiet taktycznych. Moc pocisku 10 KT. Wybuch powietrzny. Odległość strzelania 30 km. Kolumna maszeruje pod kątem  $\alpha = 30^\circ$ . Nastawy przygotowano do środka celu.

#### Rozwiązanie:

Z wykresu określa się promień rażenia pocisku do sił żywych odkrytych  $R = 1500$  m.

Przyjęte:  $U_D = 300$  m,  $U_K = 330$  m.

Uwaga: Zadanie może być wykonane, gdyż długość kolumny jest większa od  $8 U_K$ .

$$\sin 30^\circ = 0,5;$$

$$\cos 30^\circ = 0,866.$$

Obliczyć wielkość  $d$  ze wzoru:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{U_D^2 \sin^2 \alpha + U_K^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{300^2 \cdot 0,5^2 + 330^2 \cdot 0,866^2} = \\ &= \sqrt{22500 + 74925} = \sqrt{97425} = 312 \text{ m} \end{aligned}$$

Obliczyć  $m$ :

$$m = 2,44 \cdot d = 2,44 \cdot 312 = 761 \text{ m}$$

Obliczyć  $L_M$  /w metrach/:

$$L_M = 2 \sqrt{R^2 - m^2} = 2 \sqrt{1500^2 - 761^2} = 2 \sqrt{2250000 - 579121} =$$

$$= 2 \cdot 1670879 = 2 \cdot 1292 = 2584 \text{ m.}$$

Obliczyć  $L_0$  /w %/:

$$L_0 = \frac{L_M}{L} \cdot 100 = \frac{2584}{10000} \cdot 100 = \frac{2584}{100} = 25,84 \%$$

Odpowiedź:

Pewnie rażona część kolumny wynosi 2584 m lub inaczej 25,84% długości całej kolumny. Cel zostanie zniszczony.

Oznacza to, że podczas prowadzenia ognia jednym pociskiem jądrowym w 90 wypadkach na 100 razi się nie mniej niż 25,84% kolumny, a w 10 wypadkach na 100 mniej niż 25,84 %.

Jak wynika z przykładu, obliczenie pewnie rażonej części kolumny wymaga stosunkowo dużo czasu i wiele żmudnych rachunków. taka metoda liczenia nie może być stosowana wówczas, gdy w krótkim czasie potrzeba decydować, czy dane zadanie można wykonać. Podobnie będzie się przedstawiała sprawa, gdyby przy pomocy tego wzoru należało obliczyć potrzebną moc pocisku do zniszczenia kolumny określonej długości.

Aby uniknąć tych obliczeń, został sporządzony wykres przy pomocy którego w zasadzie określa się wskaźniki skuteczności strzelania przy pomocy rakiet operacyjno=taktycznych. Po wniesieniu małych poprawek uzupełniających można go zastosować do rakiet taktycznych. Sposób wykorzystania wykresu zilustrują ćwiczenia praktyczne.

Cwicz.15: Określić pewnie rażoną część kolumny piechoty na samochodach.

Długość kolumny 7,5 km. Ogień prowadzi wyrzutnia rakiet taktycznych. Moc rakiety 3 KT.

Odległość strzelania 24 km.

!Odp:  $L_0 = 24 \%$ .

Cwicz.16: Określić pewnie rażoną część kolumny czołgów, której długość wynosi 8 km. Ogień prowadzi wyrzutnia operacyjno=taktyczna na odległości 90 km. Moc rakiety 40 KT.

/Odp: W stosunku do czołgów  $L_0 =$  mniej, niż 10%, natomiast do siły żywej w czołgach  $L_0 = 18\%$  /.

Przy pomocy tego wykresu można określić również niezbędną moc rakiety dla zniszczenia określonego rodzaju i długości kolumny.

Praca na wykresie sprowadzi się do przeprowadzenia dotychczasowych czynności w odwrotnej kolejności, co przedstawiają następujące ćwiczenia.

Cwicz.17: Określić niezbędną moc rakiety dla zniszczenia kolumny czołgów. Zadanie ma wykonać wyrzutnia rakiet taktycznych na odległości strzelania 15 km. Długość kolumny wynosi 6 km /Wymagane  $L_0 = 40 \%$ ./

/Odp: Przy założeniu, że niszczona będzie siła żywa w czołgach - wymagana moc wynosi ok. 70 KT. Przy niszczeniu czołgów  $q = 300$  KT. Wniosek: Wyrzutnia taktyczna nie może wykonać zadania niszczenia/.

Cwicz.18: Określić niezbędną moc rakiety do zniszczenia piechoty na samochodach. Zadanie ma wykonać wyrzutnia rakiet operacyjno-taktyczna na odległości 150 km. Długość kolumny 12 km.

/Odp.: Wymagana moc = 80 KT/.

Należy zdać sobie sprawę z tego, że zwalczanie kolumn nieprzyjaciela rakietami jądrowymi jest zagadnieniem dość skomplikowanym do rozwiązania. Szczególne trudności pojawiają się przy planowaniu punktu zerowego wybuchu. W zasadzie powinien on się pokrywać ze środkiem kolumny, która przecież znajduje się w ruchu. Rozwiązanie tego zagadnienia idzie w kierunku wyboru punktu celowania z pewnym wyprzedzeniem na przewidywanej marszrucie kolumny i oddania strzału z takim wyliczeniem, aby w punkcie celowania spotkały się: rakieta i środek kolumny. Rozwiązanie tego zadania jest czynnością czysto techniczną, leżącą w zakresie pracy sztabu oddziału rakietowego.

## V. Zasady planowania ognia raketowo-jądrowego w pobliżu własnych wojsk

### a/ Określenie pasa bezpieczeństwa wojsk własnych.

Wielkości tak promieni rażenia jak i sumarycznych błędów średnich przy prowadzeniu ognia raketami jądrowymi są stosunkowo duże.

Dlatego przed wykonaniem uderzeń jądrowych do celów /obiektów/ nieprzyjaciela, rozmieszczonych w pobliżu wojsk własnych, należy sprawdzić bezpieczeństwo strzelania, uwzględniając pas bezpieczeństwa oraz faktyczne oddalenie wojsk własnych od celu i stopień ich ukrycia.

Pod pojęciem pasa bezpieczeństwa należy rozumieć takie oddalenie czołowych oddziałów wojsk własnych od planowanego punktu zerowego wybuchu jądrowego /punktu przygotowania danych/, które całkowicie wyklucza rażenie żołnierzy, pod warunkiem przestrzegania przez nich zasad ochrony przed wybuchem jądrowym.

Pas bezpieczeństwa  $P_B$  zależy od szeregu czynników, z których ważniejszymi są:

- moc rakiety;
- stopień ukrycia wojsk własnych;
- dokładność określenia nastaw do strzelania;
- wielkość sumarycznych błędów średnich.

Wiemy już, że punkt zerowy wybuchu rakiety może uchylić się od planowanego o wielkość czterech sumarycznych błędów średnich  $/4U/$ . Ta wielkość będzie jedną ze składowych pasa bezpieczeństwa. Wielkość czterech sumarycznych błędów średnich będzie również zależała od położenia wojsk własnych w stosunku do kierunku strzelania. Jeżeli ogień prowadzi się prostopadle do frontu czołowych oddziałów  $/\alpha = 90^\circ/$ , wówczas do obliczania pasa bezpieczeństwa powinniśmy wziąć wartość czterech sumarycznych błędów średnich w donośności  $/4 U_D/$ . W wypadku prowadzenia ognia równoległe do linii czołowych oddziałów  $/\alpha = 0^\circ/$ , wówczas należy brać wartość czterech sumarycznych błędów średnich w kierunku  $/4 U_K/$ .

W pozostałych natomiast wypadkach wartość  $4U$  należy obliczać ze wzoru:

$$4U = 4 \sqrt{U_D^2 \sin^2 \alpha + U_K^2 \cos^2 \alpha}$$

Obliczanie  $4U$  na podstawie tego wzoru jest dość utrudnione. Dlatego podczas praktycznych obliczeń z zasady przyjmuje się wielkość  $4 U_D$  lub  $4 U_K$ , w zależności od kierunku strzelania w stosunku do położenia własnych wojsk. Ponieważ jednak  $U_D$  nieznacznie się różni od  $U_K$  stąd też można obliczając pas bezpieczeństwa, brać zawsze większą wartość sumarycznego błędu środkowego, czyli  $4U$  /gdzie  $U$  większa wartość sumarycznego błędu środkowego/.

Drugim czynnikiem, który należy uwzględnić przy określaniu pasa bezpieczeństwa jest promień rażenia rakiety. Nie wolno jednak w tym wypadku brać wielkości promienia rażenia tego, który uwzględniamy przy określaniu skuteczności strzelania.

Siły żywe, które znajdują się na tych odległościach od punktu zerowego wybuchu będą wymagały leczenia szpitalnego. Rakietą jądrową może spowodować uszkodzenie ciała ludzkiego w promieniu większym, aniżeli ~~to~~ obliczymy z wykresu nr 1. Okazuje się, że ludzie mogą bezpiecznie przebywać w takiej odległości od punktu zerowego wybuchu rakiety gdzie naciski na czole fali uderzeniowej nie przekracza  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ . Takie naciski wykluczają porażenia sił żywych. Naciskowi temu dla ładunku danej mocy odpowiada określony promień bezpieczeństwa  $R \Delta pf$ .

Dla sił żywych znajdujących się w ukryciach, nacisk na czole fali uderzeniowej wykluczające rażenie może być większe od  $0,1 \text{ kg/cm}^2$  tyle razy, ile razy ukrycie, w którym znajduje się siła żywa jest w stanie zmniejszyć go do bezpiecznego -  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ . Większemu naciskowi na powierzchni ziemi odpowiada mniejsza wielkość  $R \Delta pf$ .

Wielkości  $R \Delta pf$  dla różnych stopni ukrycia wojsk własnych są podawane w specjalnych tabelach. Wielkości  $R \Delta pf$  dla siły żywej rozmieszczonej w różnych ukryciach, można również obliczyć z iloczynu odpowiedniej wielkości  $R \Delta pf$  dla odkrytych sił żywych i odpowiednich współczynników.

Do praktycznego określania wielkości  $R \Delta pf$  służy wykres. Aby określić pas bezpieczeństwa należy każdorazowo uwzględnić rozrzut rakiet w postaci 4 uchyień środkowych. Wartości tych uchyień dla rakiet taktycznych kształtują się w granicach:

*v postacie 4 uchylił błąd w zapisie wzoru*

- przy minimalnych odległ. strzelania:

w donośności  $\pm 0,5$  km

w kierunku  $\pm 0,4$  km

- przy maksymalnych odległościach strzelania:

w donośności  $\pm 0,8$  km

w kierunku  $\pm 0,8$  km

Tak więc wartość pasa bezpieczeństwa można określać wg wzoru:

$$P_B = 4U + R \Delta pf$$

Cwicz.19: Określić wielkość pasa bezpieczeństwa wojsk własnych, znajdujących się poza ukryciem. Ogień prowadzi wyrzutnia rakiet taktycznych pociskiem o mocy 10 KT na odległości 22 km. /Przyjęte wielkości  $U = 0,6$  km/.

/Odp:  $P_B = 5,9$  km/

Na polu walki może się zdarzyć, że wielkość pasa bezpieczeństwa znana będzie z góry, gdyż określi ją położenie wojsk własnych w stosunku do celu. W tym wypadku zależność będzie na określeniu mocy pocisku, który można zastosować przy zwalczaniu celu, uwzględniając położenie wojsk własnych. Rozwiązanie takiego zadania sprowadzi się do wykonania odwrotnych czynności na wykresie.

Cwicz.20: Określić, jaką moc rakiety można użyć do zwalczania celu, którego środek znajduje się w odległości 4,2 km od wojsk własnych, znajdujących się w ukryciach.

$U = 0,4$  km.

Rozwiązanie:

Wyznaczyć  $R \Delta pf$        $/R \Delta pf = P_B - 4U/$

Wyznaczoną wartość wprowadzić na wykres, określając wielkość mocy pocisku.

/Odp: Można zastosować pocisk nie większy od 15 KT/.

Z podanych przykładów wynika, że nie zawsze będzie można planować ogień w pobliżu wojsk własnych posiadany pociskiem jądrowym o określonej mocy ze względu na pas bezpieczeństwa. W takich wypadkach należy określać pewnie rażoną część celu lub prawdopodobieństwo rażenia celu po zastosowaniu przesunięcia planowanego punktu zerowego od środka celu.

b/ Przesunięcie planowanego punktu zerowego od środka celu.

W pewnych wypadkach może zaistnieć sytuacja, że obliczona wielkość pasa bezpieczeństwa dla danej mocy jest większa, niż odległość własnych wojsk od planowanego punktu zerowego. W takim wypadku zagrożenie wojsk własnych nie pozwoli na wykonanie zadania. Przykładem tego może być położenie, przedstawione na rysunku /17/, gdzie wojska własne położone są na odległości 3350 m od środka celu, a wymagany pas bezpieczeństwa wynosi 3600 m. Nasuwa się wniosek, że punkt celowania należy wybrać dalej o różnicę  $d = 250$  m. W konsekwencji ulegnie także zmianie wielkość pewnie rażonej części celu.

W takich wypadkach określenie prawdopodobieństwa rażenia celu i pewnie rażonej części celu przybiera nieco inną formę pracy od dotychczasowych, co można będzie zauważyć przy wykonywaniu ćwiczeń.

Cwicz. 19: Organa rozpoznania artyleryjskiego wykryły baterię wyrzutni

"Honest John", zajmującą stanowiska na powierzchni  $1 \text{ km}^2$ . Dowódca artylerii dywizji zdecydował zniszczyć wykryty cel rakieta jądrową o mocy 10 KT. Odległość strzelania 21 km, wybuch powietrzny. Wojska własne są poza ukryciami na odległości 3 600 m od celu.  $U = 500$  m. Określić możliwość wykonania tego zadania.

/Odp:  $P_B = 4600$  m;  $d = 1000$  m;  $S_0 = 34\%$ ;  $M_0 = 75\%$ ;  $S_{\text{max}} = \text{ponad } 100 \%$ .

Cwicz: 20: Określić niezbędną moc rakiety dla zniszczenia sił żywych nieprzyjaciela w transzejach, zajmujących powierzchnię  $12 \text{ km}^2$ , jeżeli wiadomo, że planowany punkt celowania ma być przesunięty o 500 m od środka celu.

Odległość strzelania 63 km, wybuch powietrzny  $U = 250$  m.

/Odp: Należy użyć ok. 50 KT/.

Często jednak /szczególnie, gdy "d" jest stosunkowo duże/ przesuwanie planowanego punktu celowania okaże się bezcelowe ze względu na nie osiągnięcie zamierzonego skutku /zniszczenia lub obezwładnienia celu/. W takich wypadkach nie pomoże zwiększenie mocy rakiety, gdyż jednocześnie powiększa się wielkość pasa bezpieczeństwa. Rozwiązanie może znaleźć się w jednym z kilku przedsięwzięć:

- użycie pocisku mniejszej mocy, przy którym będzie zachowany Pas bezpieczeństwa;
- wykorzystanie wyrzutni, dla której odległość strzelania jest mniejsza, co zapewnia większą dokładność strzelania;

- przedsięwzięcie dodatkowej ochrony ludzi i sprzętu /np. ukrycie siły żywej w czołgach zmniejszą wielkość pasa bezpieczeństwa;
- przesunięcie oddziałów własnych na bezpieczną odległość.

## VI. Określenie wysokości wybuchów jądrowych.

Wybuchy jądrowe mogą być wykonywane w powietrzu, na powierzchni ziemi /wody/ lub pod powierzchnią ziemi /wody/.

W zależności od tego wybuchy jądrowe dzieli się na:

- powietrzne;
- naziemne /nawodne/;
- podziemne /podwodne/.

Rażące działanie wybuchu jądrowego zależy od rodzaju wybuchu, gdyż w zależności od tego zmieniają się promienie stref rażenia poszczególnych celów oraz skażenie terenu środkami promieniotwórczymi zarówno w rejonie wybuchu jak i na śladzie przesuwania się obłoku.

Największą strefę rażenia omiata się wówczas, gdy środek wybuchu jądrowego znajduje się bezpośrednio na powierzchni ziemi, ale wówczas powstaje również największe skażenie terenu środkami promieniotwórczymi. Wraz ze wzrostem wysokości wybuchu zmniejsza się strefa rażenia i promieniotwórcze skażenie terenu.

Największą strefę rażenia do poszczególnych rodzajów celów osiąga się przy pewnej najdogodniejszej wysokości wybuchu.

Najodpowiedniejszą wysokością wybuchu nazywamy taką przy której osiąga się maksymalny promień rażenia sił żywych.

Określa się ją w metrach  $H$  przy pomocy następującego wzoru:

$$H = k \sqrt[3]{q},$$

gdzie:  $k$  - współczynnik zależny od rodzaju celu;

$q$  - moc rakiety w tonach.

Ze wzoru wynika, że dla każdego rodzaju celu wysokość wybuchu będzie różna. Ponadto na wysokość wybuchu będzie jeszcze dodatkowo wpływać czynnik promieniotwórczego skażenia terenu, gdyż w zależności od tego, czy będziemy chcieli osiągnąć większe czy też mniejsze skażenie terenu, będziemy odpowiednio regulować to wysokością wybuchu.

Ponieważ jednak obliczenia te byłyby zawsze dość skomplikowane dla praktycznych zastosowań przyjmuje się trzy rodzaje wybuchów:

- naziemny;
- powietrzny niski;
- powietrzny wysoki.

Wybuchy naziemne będą to takie, które następują bezpośrednio na powierzchni ziemi, względnie gdy kula ognista styka się z ziemią. Ogólnie do wybuchów naziemnych zaliczamy takie, których wysokość nie przekracza  $4 \sqrt[3]{q}$ , czyli

$$H < 4 \sqrt[3]{q}$$

Wybuchy naziemne stosuje się do burzenia budowli obronnych i wówczas gdy promieniotwórcze skażenie terenu nie utrudnia działanie własnych wojsk.

Niski wybuch powietrzny - gdy kula ognista nie styka się z powierzchnią ziemi. Za niskie wybuchy powietrzne uważa się takie, których wysokość w metrach  $/H/$  wynosi:

$$4 \sqrt[3]{q} < H < 12 \sqrt[3]{q}$$

Praktycznie za niski wybuch powietrzny przyjmuje się taki, którego

$$H = 7 \sqrt[3]{q}$$

Niskie wybuchy powietrzne stosuje się wówczas gdy cel obfituje w dużą ilość trwałych budowli obronnych, lecz przy tym ze względu na działanie własnych wojsk, nie jest pożądane silne promieniotwórcze skażenie terenu.

Wysoki wybuch powietrzny - kula ognista, podobnie jak przy wybuchu niskim, nie styka się z powierzchnią ziemi. Za wysokie wybuchy powietrzne uważa się takie, których wysokość w metrach  $/H/$  wynosi:

$$H \geq 20 \sqrt[3]{q}$$

Praktycznie za wysoki wybuch powietrzny uważa się taki, którego:

$$H = 20 \sqrt[3]{q}$$

Wysokie wybuchy powietrzne stosuje się podczas rażenia sił żywych odkrytych jak i w ukryciach oraz bojowego sprzętu technicznego, gdy nie jest pożądane, że względu na działanie własnych wojsk promieniotwórcze skażenie terenu.

Przykład: Określić wysokość wybuchu niskiego i wysokiego przy prowadzeniu ognia rakieta  $q$  mocy 10 KT.

Rozwiązanie:

a/ Niski wybuch powietrzny:

$$H = 7^3 \quad q = 7^3 \quad 10\,000 = 7 \cdot 10^3 \quad 10 = 70 \cdot 2,17 = 152 \text{ m}$$

b/ Wysoki wybuch powietrzny:

$$H = 20^3 \quad q = 20^3 \quad 10\,000 = 20 \cdot 10^3 \quad 10 = 200^3 \quad 10 = \\ = 200 \cdot 2,17 = 434 \text{ m.}$$

/Odp: Niski wybuch powietrzny wynosi 152 m, a wysoki wybuch powietrzny wynosi 434 m/.

W praktyce wysokości wybuchów sprowadzone są do wymiarów standartowych, które w niektórych warunkach mogą być wprowadzane na stanowiskach startowych zgodnie z wymaganiami warunkami strzelania. W pewnych typach rakiet wielkości te są jednak nastawiane w czasie montażu i nie podlegają zmianie. Stąd wniosek, że określanie wysokości wybuchów nie zawsze wchodzi w zakres przygotowania danych do strzelania.

----- 000 -----

Do opracowania skryptu wykorzystano następujące materiały:

1. "Teoria strzelania artylerii naziemnej" cz. I i II - dr nauk wojsk. prof. gen. mjr BLINOW G. J. /tłumaczenie z języka rosyjsk./
2. "Właściwości ognia skutecznego pociskami jądrowymi" - MON 1961r.
3. "Uczebnik po strzelbie operatywno, taktycznymi raketami" - cz. 2 - Wojennoje Izdatelstwo Ministerstwa Obrony SSSR 1962 g.
4. "Właściwości wykonywania ognia raketami jądrowymi" - ppłk dypl. mgr M. Ciecchanowicz - ASG 1962 r.

Załącznik: Tabela do przeliczenia mocy rakiet jądrowych.

Opracował:

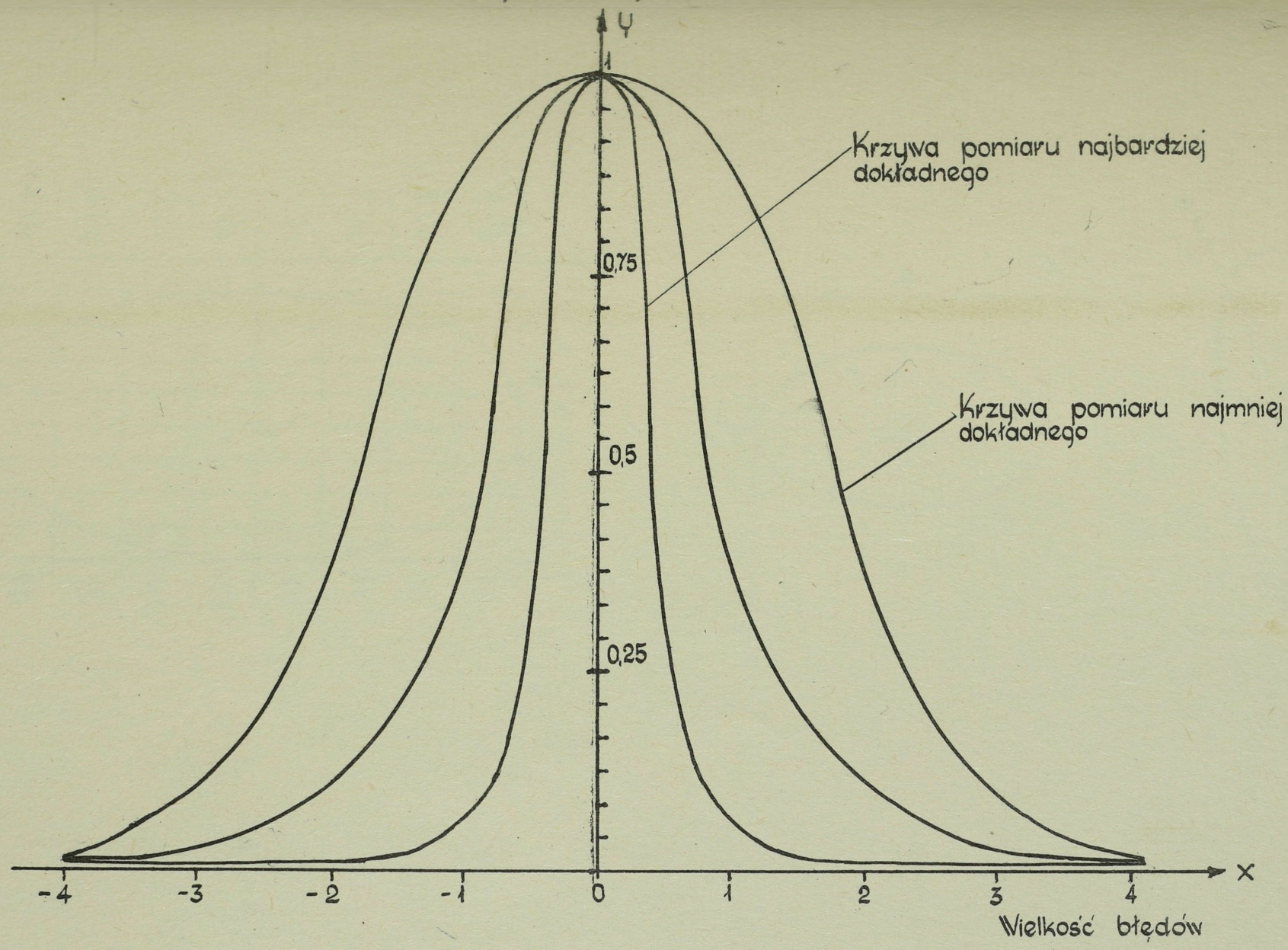
Wydrukowano w 120 egz.

Egz. nr. 1-20 AWP  
Egz. nr. 21-120 Bibl. Szkol.  
Wykonał mjr MOLL

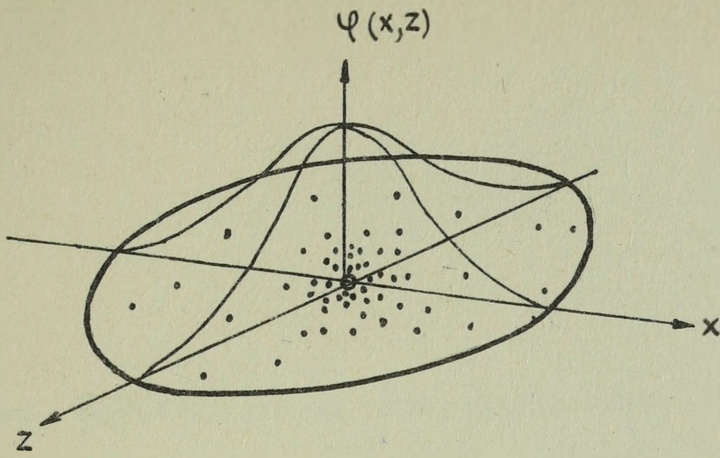
/mjr dypl. Cz. MOLL/

Druk GB dn. 10.09.63r.  
Nr. ks. 1581/WW.-

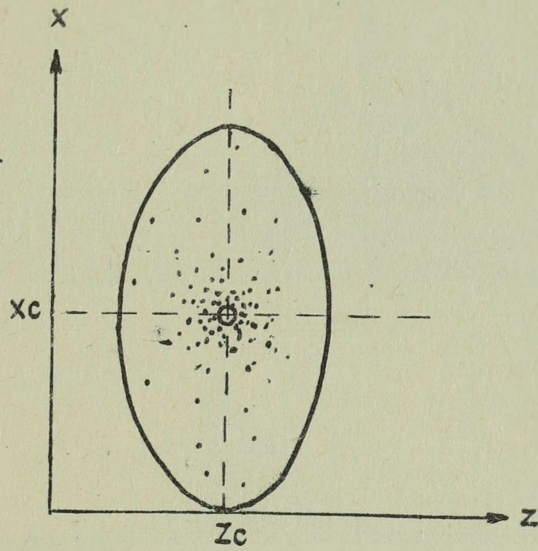




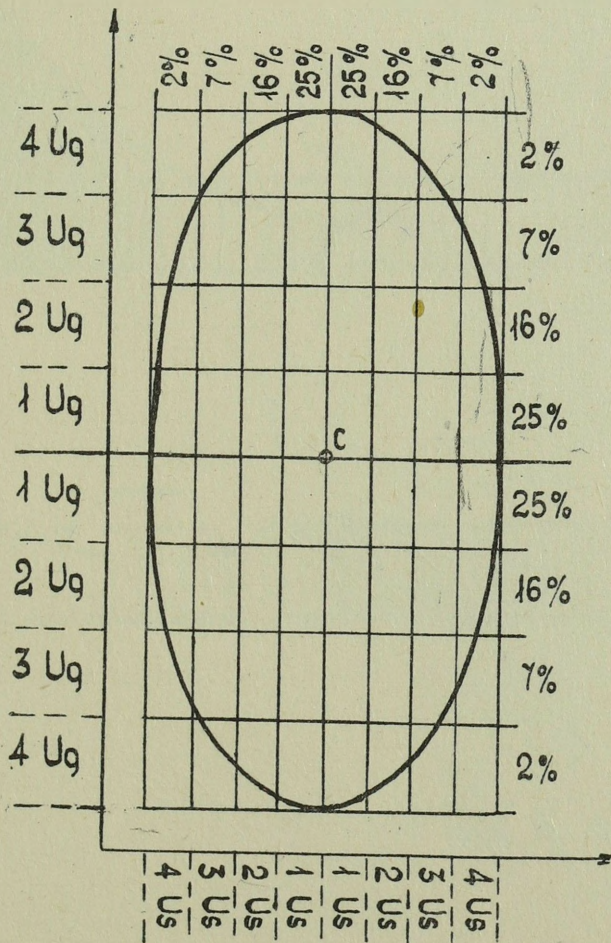
Rys. 1



Rys. nr 2



Rys. nr 3

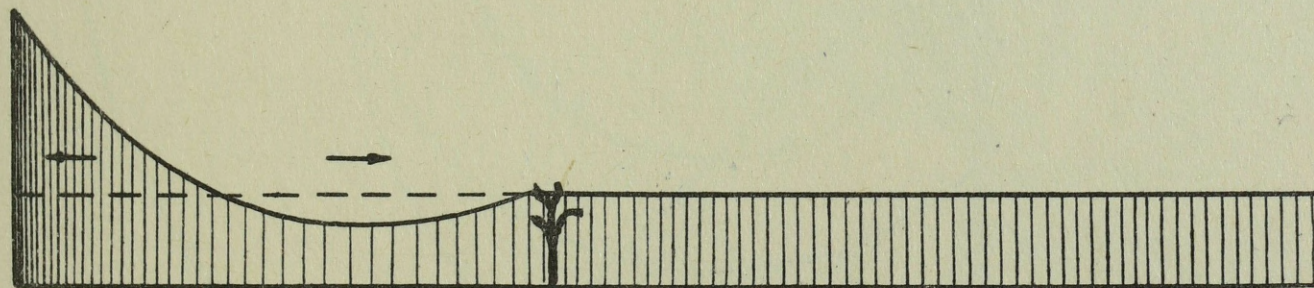
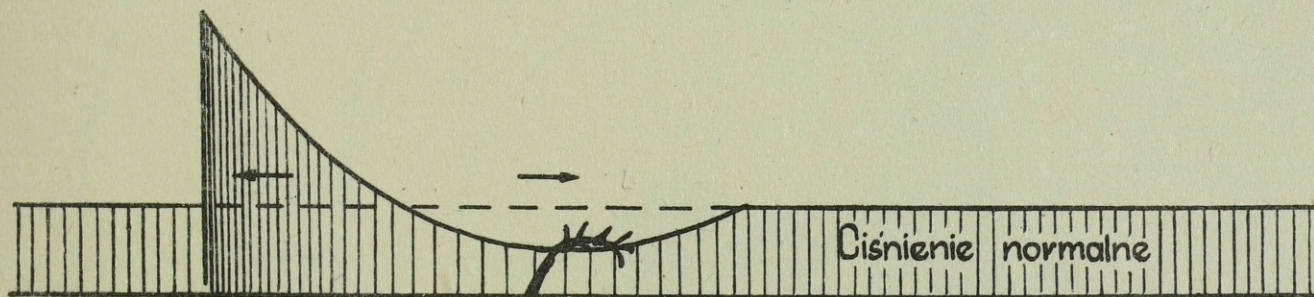
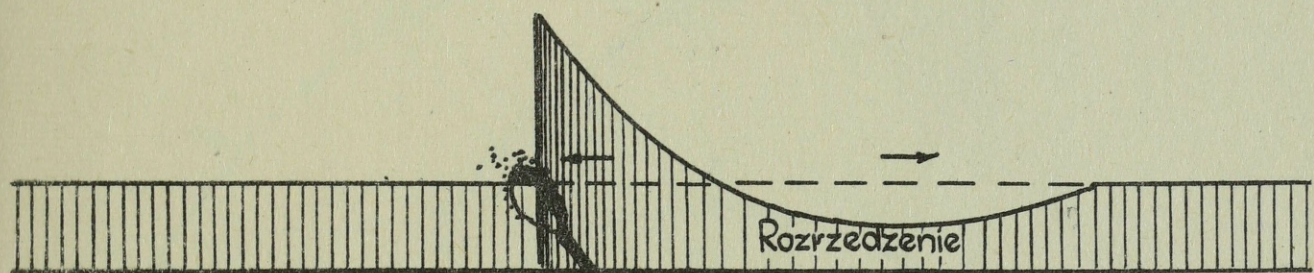
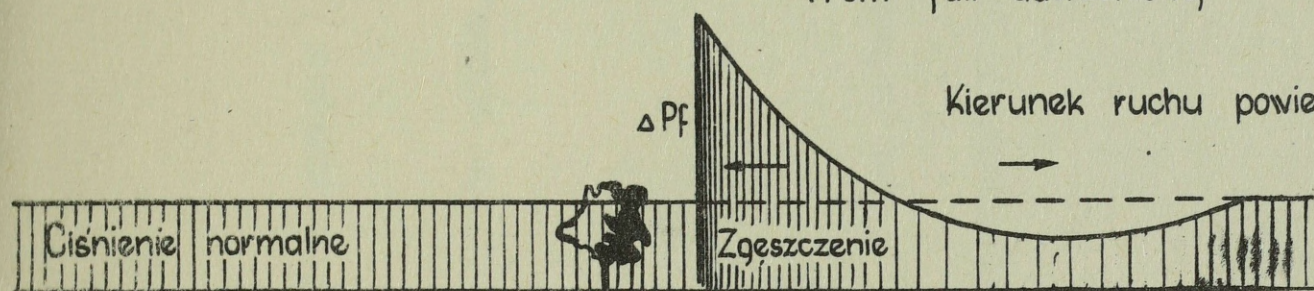


Rys nr 4

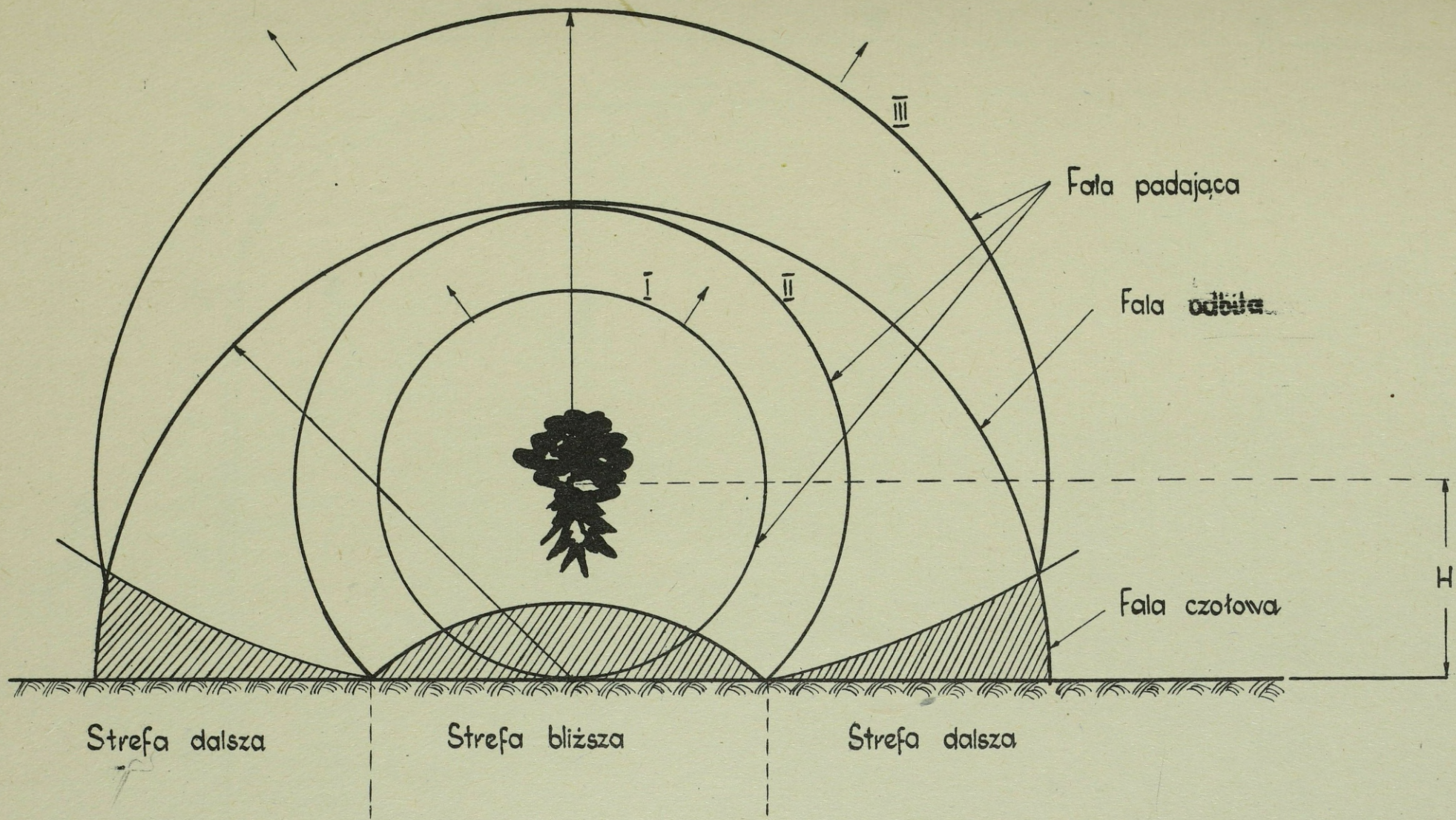
← Kierunek ruchu fali uderzeniowej

Front fali uderzeniowej

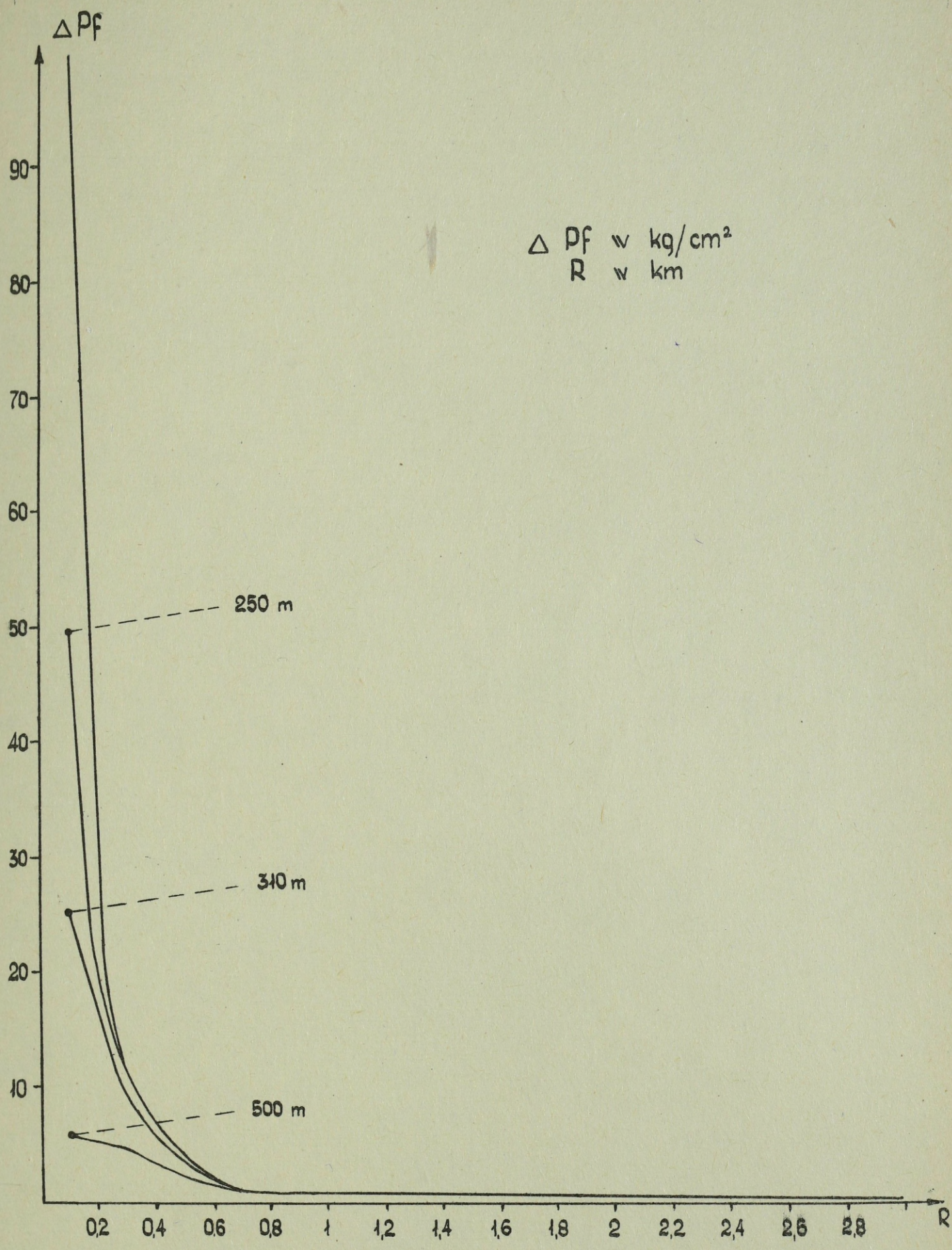
Kierunek ruchu powietrza



Rys. 5



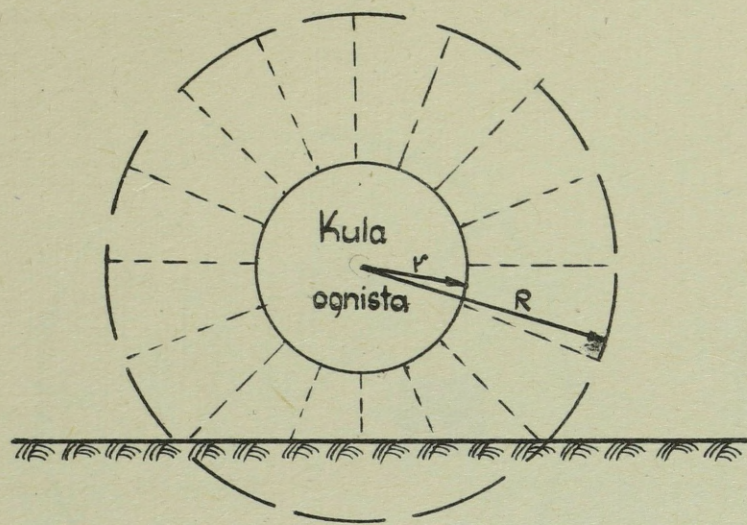
Rys. 6



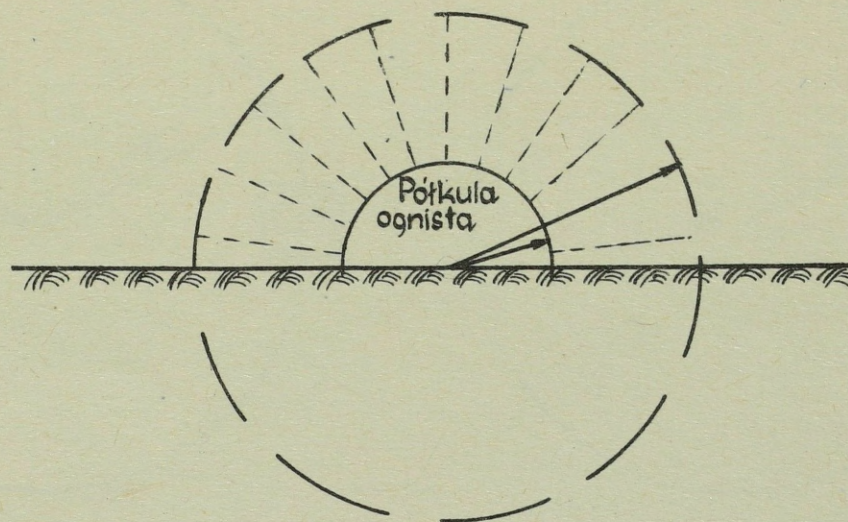
Rys. 7

$$U = \frac{E_{\text{prom}}}{4\pi R^2} e^{-k(R-r)} \quad [\text{cal/cm}^2]$$

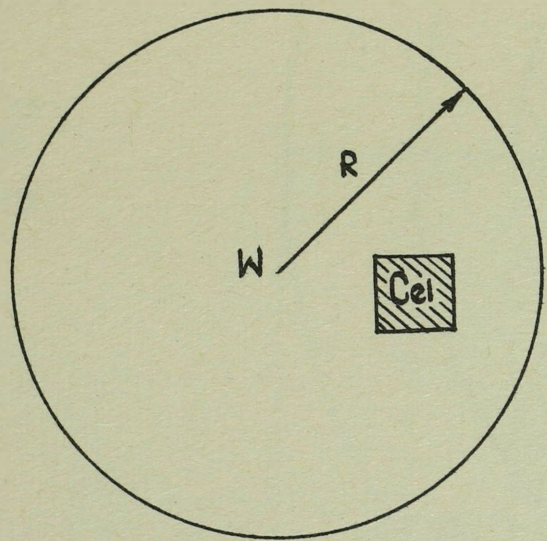
$$U = \frac{0.5 E_{\text{prom}}}{4\pi R^2} e^{-k(R-r)} \quad [\text{cal/cm}^2]$$



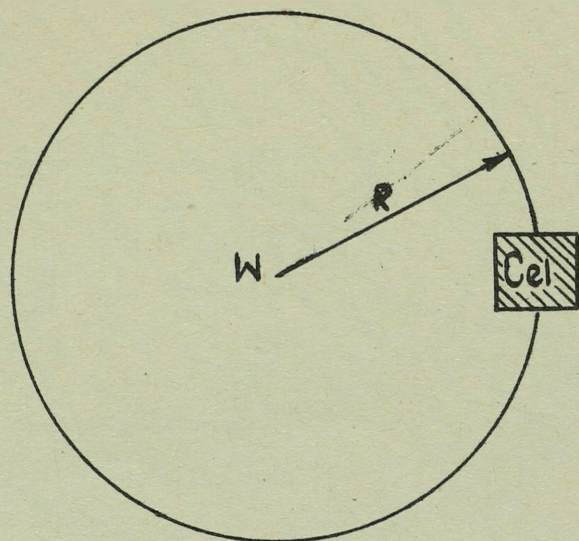
Wybuch powietrzny



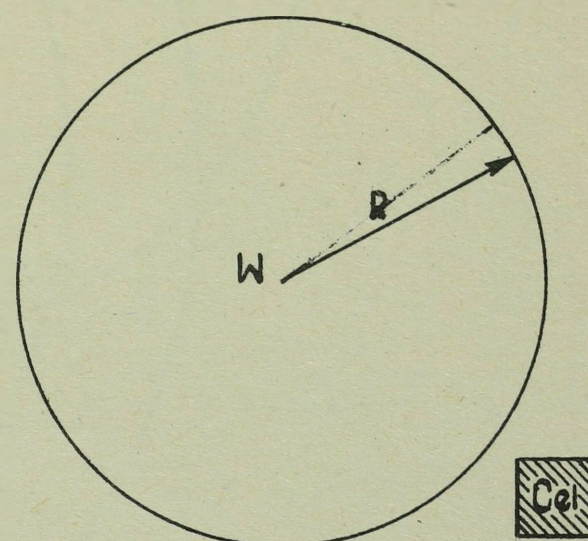
Wybuch naziemny



Rys. 9a

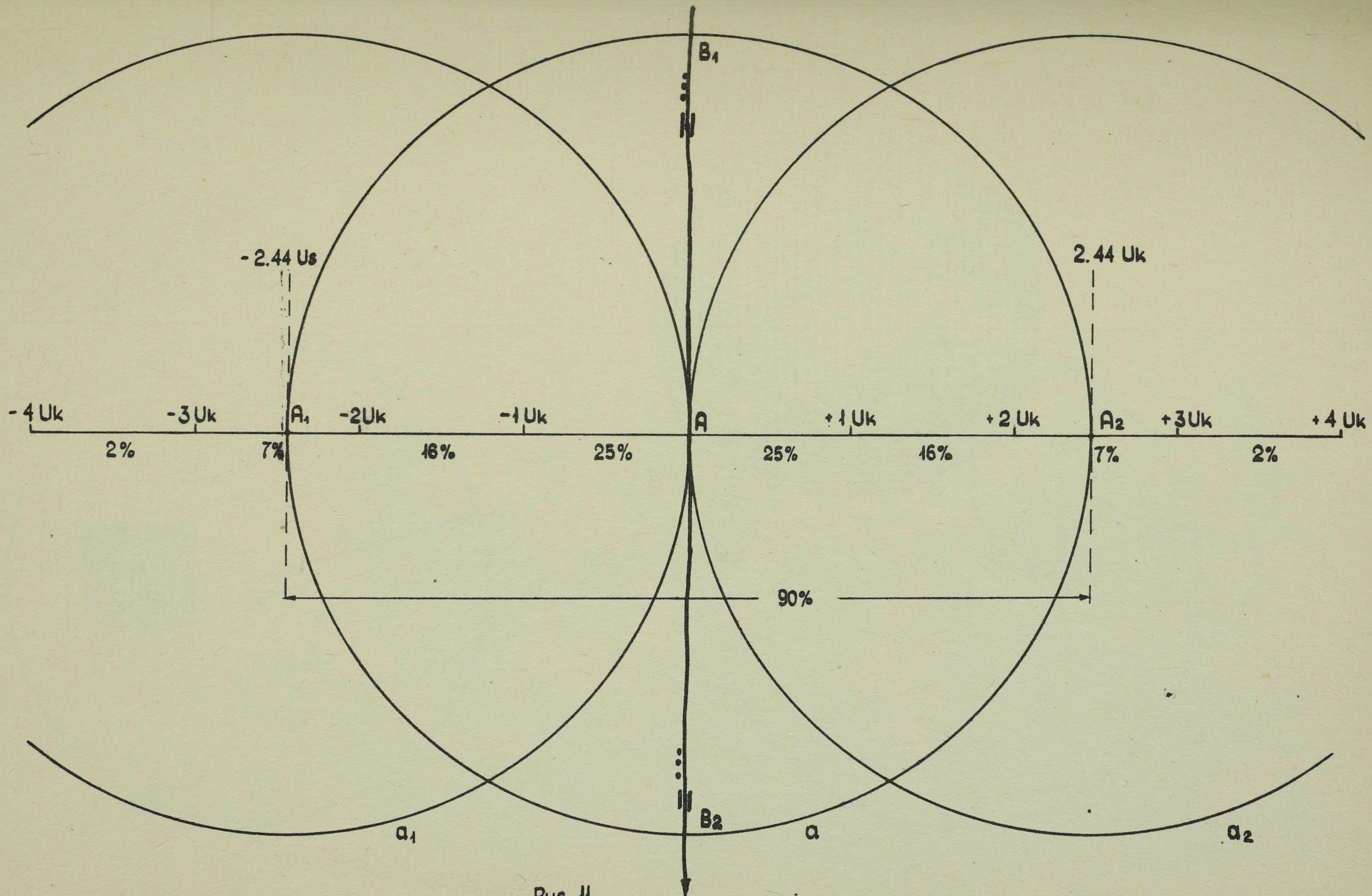


Rys. 9b

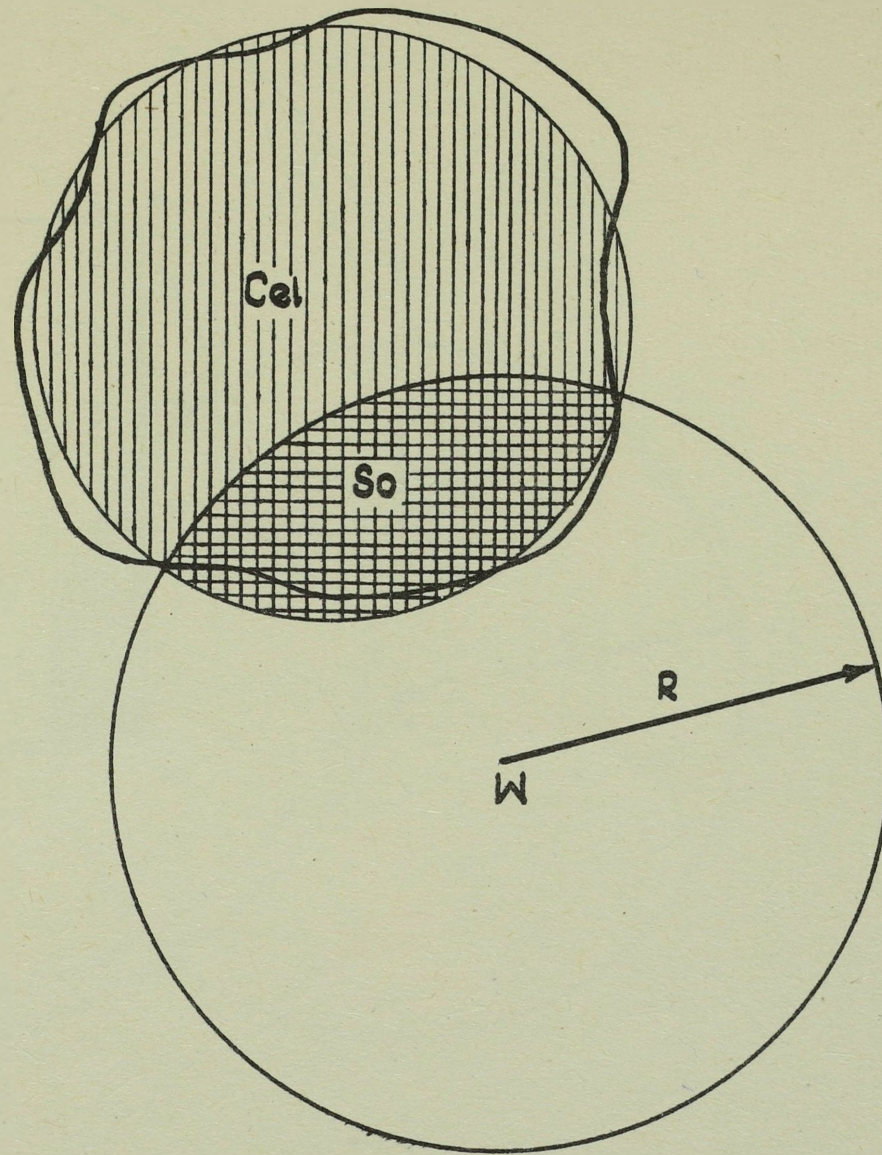
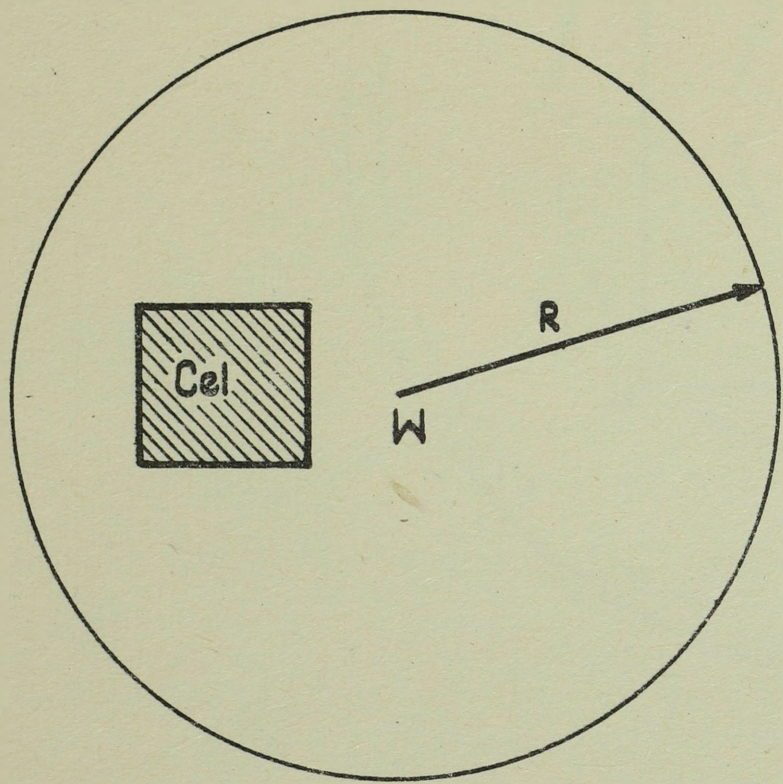


Rys. 9c

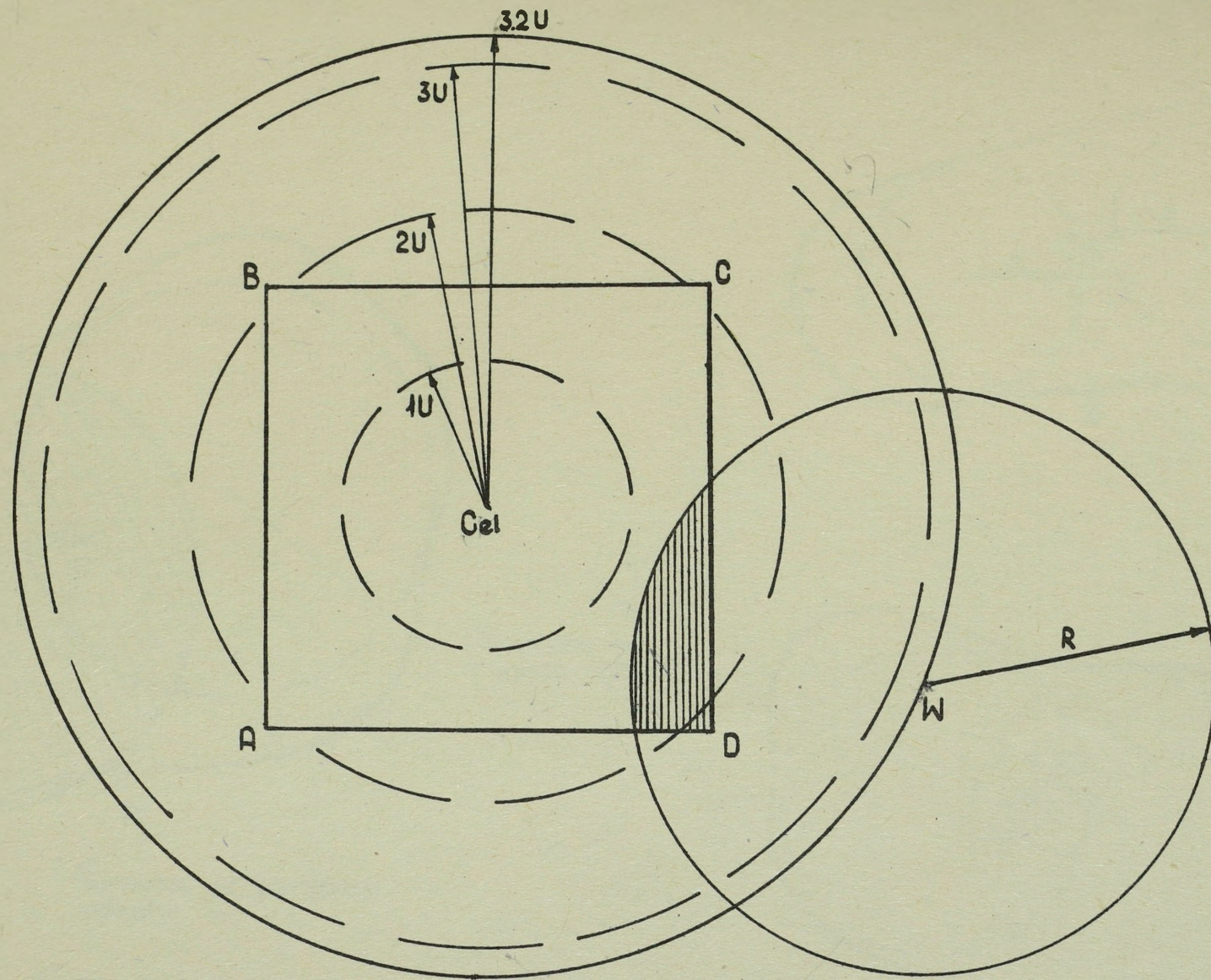




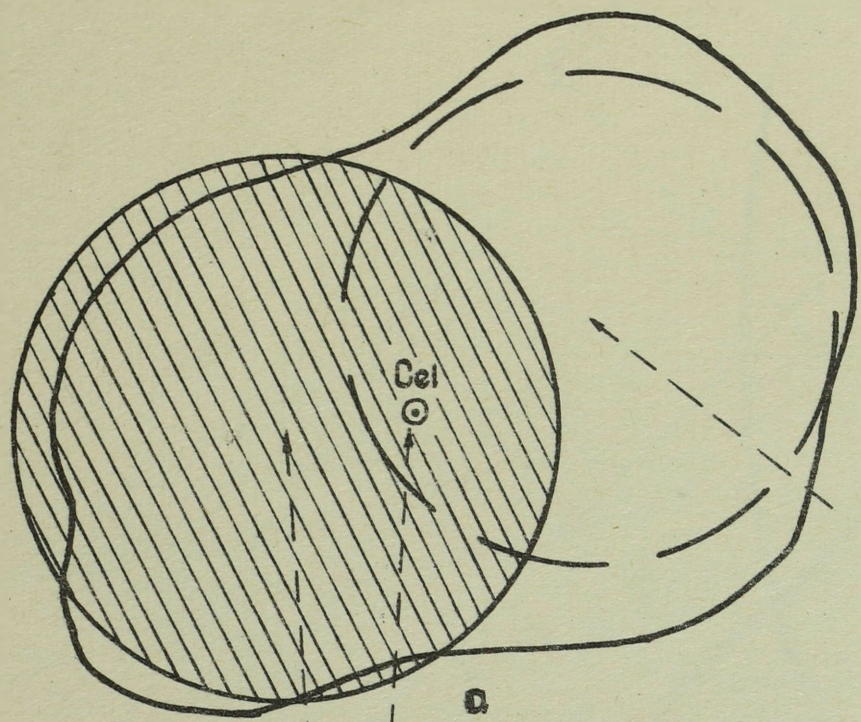
Rys. 11



Rys. 12

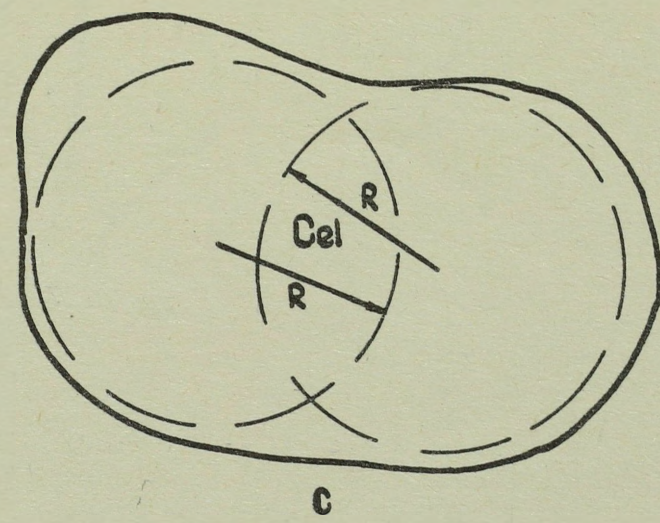
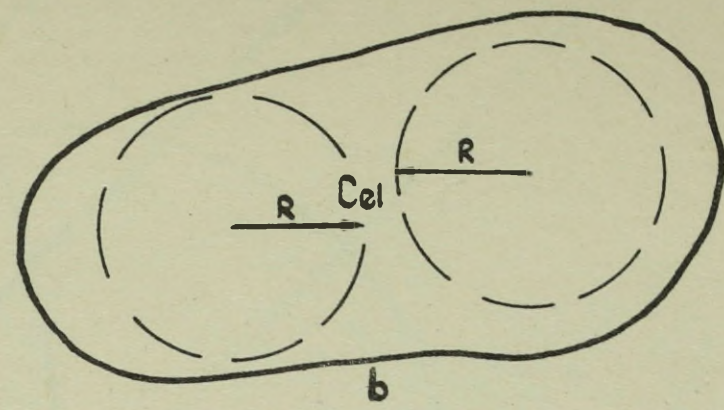


Rys. 13

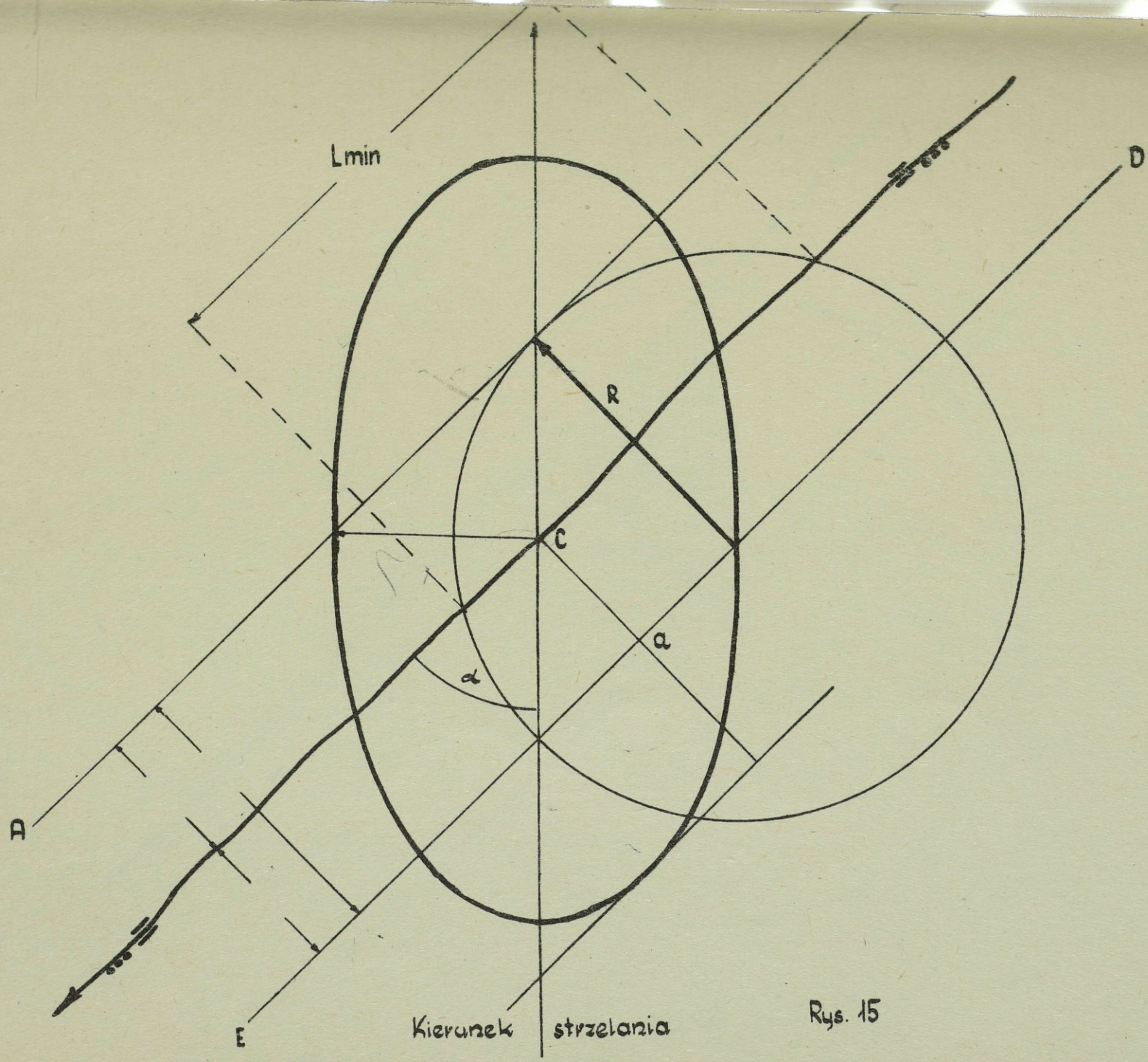


Planowany pc pierwszego wybuchu  
 Wcięty środek pierwszego wybuchu

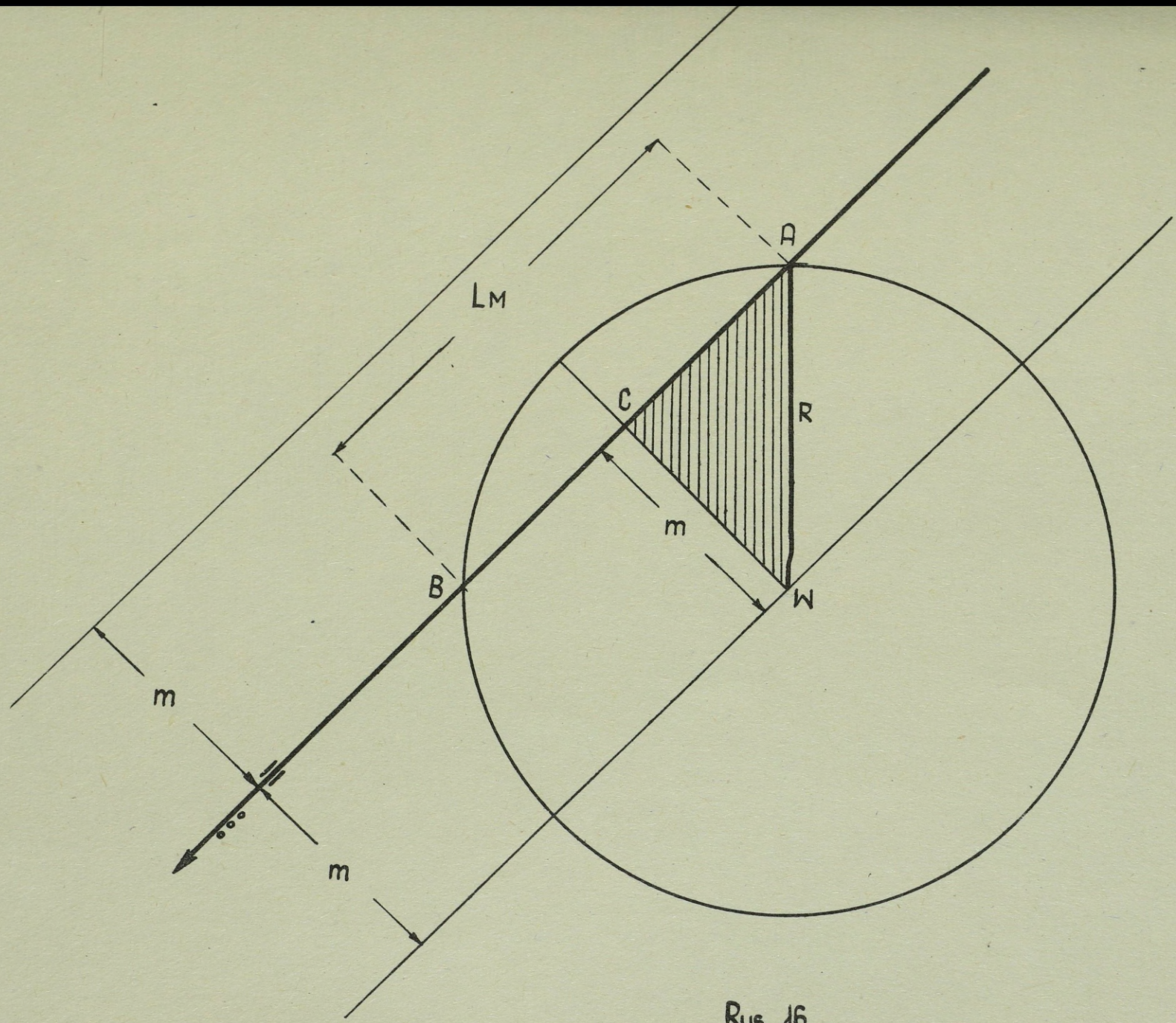
Planowany pc drugiego wybuchu



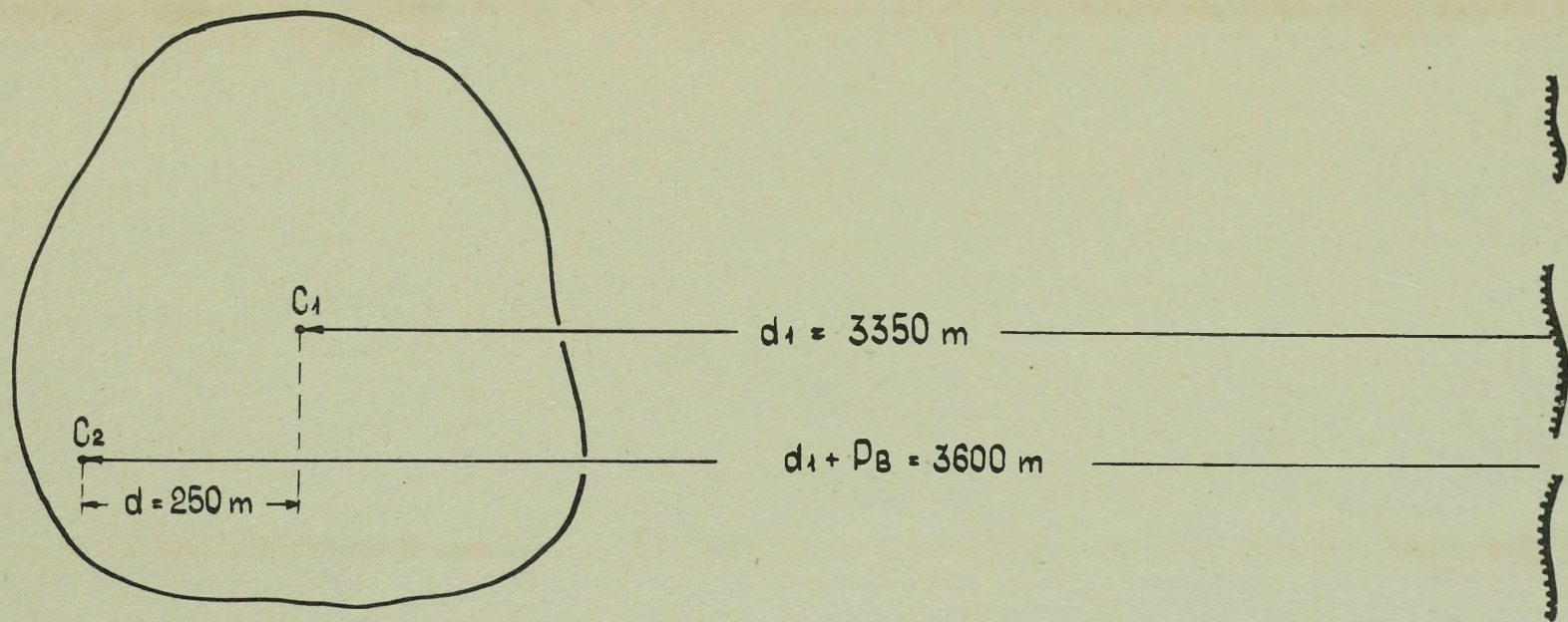
Rys. 14



Rys. 15



Rys. 16



Rys. 17