

03005  
**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII

**ARCHIWUM**  
**BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ**  
**AKADEMII SZTABU GENERALNEGO**  
**im. gen. broni K. Świerczewskiego**  
**28848**

Egz. Nr. 1

pplk dypl. Zdzisław MAJCHRZAK

**Temat: CHARAKTERYSTYKA SKUTECZNOŚCI**  
**STRZELANIA RAKIETOWYMI POCISKAMI JĄDROWYMI**  
**(Skrypt)**



028848  
**28848**

1-30  
**REMBERTÓW**

**LISTOPAD**

**1963**



03623

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

---

ODDZIAŁ WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII

**ARCHIWUM**  
**BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ**  
**SZTABU GENERALNEGO**  
**im. gen. broni K. Świerczewskiego**  
28848

[REDACTED]

Egz. Nr. 1

ppłk dypl. Zdzisław MAJCHRZAK

**Temat: CHARAKTERYSTYKA SKUTECZNOŚCI**  
**STRZELANIA RAKIETOWYMI POCISKAMI JĄDROWYMI**  
**(Skrypt)**



**28848**

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im.gen.broni K.Swierczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII  
KATEDRA TAKTYKI

WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII

*Przeł. prot. 12357. //*

ZATWIERDZAM  
SZEFA KATEDRY TAKTYKI WOJSK  
RAKIETOWYCH I ARTYLERII

~~\_\_\_\_\_~~  
egz.nr....: 1

wz. płk dypl. St. LEWANDOWSKI

**ARCHIWUM**  
**BIBLIOTEKI SZKOŁENIOWEJ**  
**AKADEMII SZTABU GENERALNEGO**  
**im. gen. broni K. Swierczewskiego**  
**28848**

ppłk dypl. Zdzisław MAJCHRZAK

CHARAKTERYSTYKA SKUTECZNOŚCI STRZELANIA RAKIETOWYMI POCISKAMI  
JADROWYMI

/skrypt/



WARSZAWA

październik

1963 r.

TRESC SKRYPTU

I. Charakterystyka rażących czynników wybuchu jądrowego.

II. Prawa rażącego działania wybuchu jądrowego.

III. Wybór rodzaju i wysokości wybuchu jądrowego.

~~IV. Ocena skuteczności strzelania.~~  
IV. Ocena skuteczności strzelania.

W S T E P

Rakiety taktyczne oraz rakiety operacyjno-taktyczne mogą być uzbrojone w głowice bojowe napełnione ładunkiem jądrowym, chemicznym lub zwykłym. Ta różnorodność ładunków umożliwia wykonanie przez wojska raketowe na polu walki różnych zadań ogniowych.

Rakiety z ładunkiem jądrowym wykorzystuje się do niszczenia i burzenia a w wyjątkowych wypadkach i do obezwładnienia takich celów /obiektów / jak:

- środki napadu jądrowego nieprzyjaciela;
- składy, bazy i warsztaty elaboracji broni jądrowej;
- stanowiska dowodzenia /związków taktycznych i operacyjnych/;
- siły żywe i sprzęt bojowy;
- umocnienia typu polowego i stałego;
- bazy i składy zaopatrzenia;
- stacje kolejowe, obiekty przemysłu wojennego, urządzenia hydrotechniczne, porty i bazy wojenno-morskie.

Rakietami z ładunkiem chemicznym można w sprzyjających warunkach zniszczyć lub obezwładnić siłę żywą lub skazić sprzęt bojowy /teren/.

Rakietami z ładunkiem zwykłym prowadzi się ogień w celu nękania siły żywej nieprzyjaciela. W wyjątkowych wypadkach można ich używać do obezwładnienia siły żywej i środków ogniowych.

Pod pojęciem zniszczenia należy rozumieć takie zadanie strat lub zniszczeń, w rezultacie, których cel /obiekt/ traci zdolność bojową na długi czas.

Pod pojęciem obezwładnienia należy rozumieć zadanie takich strat, przy których cel /obiekt/ traci częściowo lub całkowicie zdolność bojową na określony czas lub zmuszony jest do przerywania swej działalności bojowej.

Pod pojęciem nękania należy rozumieć takie oddziaływanie ogniowe na siłę żywą w wyniku którego cel jest częściowo rażony, obniża się stan moralny i dezorganizowana jest normalna działalność i odpoczynek w ciągu dłuższego czasu.

Wojska raketowe na polu walki wykonują:

- pojedyncze uderzenia jądrowe;
- grupowe uderzenia jądrowe;
- zmasowane uderzenia jądrowe;

Zasadniczym rodzajem strzelania jest pojedyncze uderzenie jądrowe.

Grupowe uderzenia jądrowe - to jednoczesne uderzenie kilkoma raketami na cel, którego pełne rażenie nie może być uzyskane pojedynczym uderzeniem jądrowym lub użycie większej mocy ładunku jest niecelowe w warunkach danej sytuacji bojowej.

Zmasowane uderzenie jądrowe - to całokształt pojedynczych i grupowych uderzeń jądrowych, wykonywanych jednocześnie lub w krótkich odstępach czasu w celu zniszczenia /obezwładnienia/ zgrupowań wojsk nieprzyjaciela. Uderzenia te wykonuje się podczas pierwszego uderzenia, odpierania przeciwuderzenia wojsk nieprzyjaciela, rozbijania głównego zgrupowania wojsk nieprzyjaciela w bitwie spotkaniowej i w innych podobnych sytuacjach.

## I. CHARAKTERYSTYKA RAŻĄCYCH CZYNNIKÓW WYBUCHU JĄDROWEGO.

Rażące działanie wybuchu jądrowego różni się w zasadniczy sposób od rażącego działania innego wybuchu przede wszystkim pod względem siły i charakteru rażenia. Siłę rażącego działania wybuchu jądrowego wyraża się w tysiącach ton /kilotonach/ równoważnika trotylowego, a rażące działanie wybuchu - przy pomocy zasadniczych czynników rażenia lub kombinowanego rażenia zależnego od wszystkich czynników.

Zasadniczymi czynnikami rażącymi wybuchu jądrowego są:

przy wybuchu powietrznym:

- fala uderzeniowa,
- promieniowanie świetlne;
- promieniowanie przenikliwe;

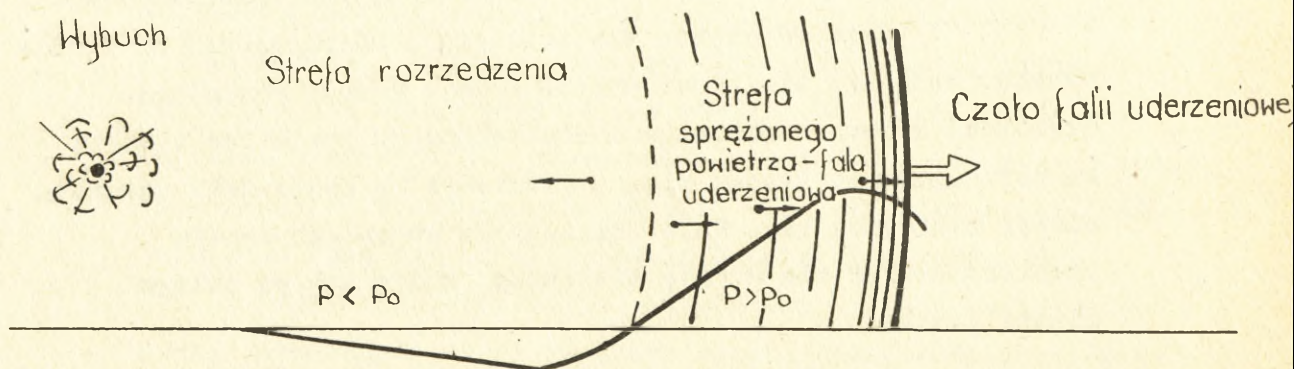
naziemnym:

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

### A. Fala uderzeniowa.

#### 1. Powstawanie i rozchodzenie się fali uderzeniowej.

Przy wybuchu jądrowym prawie błyskawicznie wydziela się olbrzymia ilość energii, podnosi się przy tym temperatura do rzędu kilku milionów stopni. Produkty wybuchu posiadają bardzo wysoką temperaturę i znajdują się pod ciśnieniem rzędu milionów atmosfer.



Rys.1. Struktura fali uderzeniowej

Rozgrzane i sprężone gazy nienapotykać na przeszkodę w otaczającym środowisku /oprócz powietrza/ rozszerzają się z prędkością ponaddźwiękową. Rozszerzając się sprężają przylegające warstwy powietrza do dużej gęstości, powstaje warstwa gęstego, sprężonego powietrza, w którym gwałtownie podnosi się temperatura i ciśnienie. Sprężone warstwy powietrza dążą do rozszerzania się i sprężają kolejne zewnętrzne warstwy powietrza, w których znowu gwałtownie wzrasta ciśnienie i temperatura. Jednocześnie z tym, cząsteczki powietrza przemieszczają się w sprężonych warstwach w stronę od środka wybuchu. W ten sposób przekazywana jest energia wybuchu od jednej warstwy powietrza do drugiej z prędkością ponaddźwiękową. Powstaje fala uderzeniowa, na wytworzenia której zużywa się około 50% całej energii wybuchu jądrowego.

Falą uderzeniową będziemy więc nazywać strefę sprężonego powietrza, rozprzestrzeniającego się z prędkością ponaddźwiękową we wszystkich kierunkach od środka wybuchu.

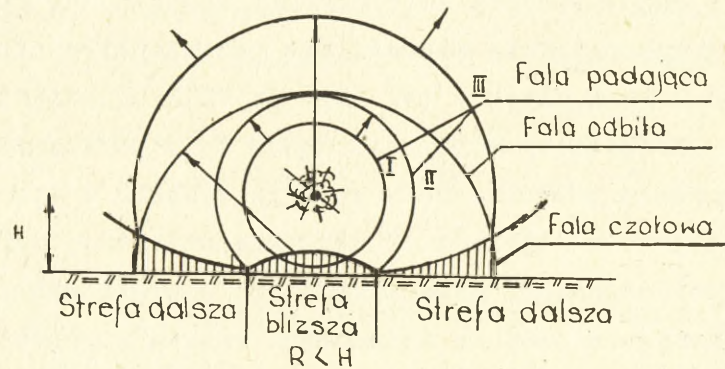
Przednia granica fali uderzeniowej nazywana jest frontem /czołem/ fali uderzeniowej.

Na czole fali uderzeniowej występuje największe ciśnienie sprężonego powietrza. W kierunku od czoła fali uderzeniowej do środka wybuchu ciśnienie stopniowo obniża się do ciśnienia atmosferycznego, za którym postępuje strefa rozrzedzonego powietrza, w której ciśnienie jest niższe od atmosferycznego.

W wyniku ruchu cząsteczek powietrza z daną prędkością powstaje dynamiczny /prędkościowy/ napór powietrza, o prędkości do 100 m/sek. i więcej.

W strefie rozrzedzonego powietrza cząsteczki powietrza przemieszczają się w kierunku do środka wybuchu tj. w stronę przeciwną kierunkowi rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej.

W miarę oddalania się czoła fali uderzeniowej od środka wybuchu zwiększa się ilość wprowadzonego 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 stopniowo zanika przekształcając się w falę dźwiękową, która też po pewnym czasie zanika.



Rys. 2

Powstanie i rozprzestrzenianie się fali uderzeniowej zależy od rodzaju wybuchu. Podczas wybuchu powietrznego w pierwszej chwili powstaje powietrzna sferyczna fala uderzeniowa, rozchodząca się we wszystkich kierunkach z prędkością ponaddźwiękową - jest to tak zwana padająca fala uderzeniowa. Przy spotkaniu padającej fali uderzeniowej z powierzchnią ziemi następuje zahamowanie ruchu cząsteczek 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  $R \leq H$ .

Za strefą bliższą następuje nakładanie się fali padającej z falą odbitą - powstaje czołowa fala uderzeniowa, która rozchodzi się sferycznie wzdłuż powierzchni ziemi. Ciśnienie na czole czołowej fali uderzeniowej jest około 4-5 razy większe od ciśnienia swobodnie rozchodzącej się fali sferycznej /padającej/ na tych samych odległościach od miejsca wybuchu.

Można więc stwierdzić, że podczas wybuchu powietrznego na powierzchni ziemi powstaje strefa podwyższonego ciśnienia: w bliższej strefie - od ciśnienia fali odbitej, w dalszej strefie - od ciśnienia w czołowej fali uderzeniowej.

Szybkość rozchodzenia się czołowej fali uderzeniowej w początkowym okresie znacznie przekracza szybkość dźwięku a następnie zmniejsza się do szybkości dźwięku. Na odległość 1 do 1,5 km od wybuchu, fala uderzeniowa przechodzi w ciągu 2 sek, na odległość 2 km w ciągu 5 sek itd. do kilkudziesięciu sek.

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. Nieznacząca część energii wybuchu /kilka procent/ zużywana jest na deformację gruntu a pozostała część energii przenoszona wraz z falą uderzeniową. Na małych odległościach od punktu wybuchu ciśnienie w fali uderzeniowej sięga dziesiątków tysięcy atmosfer a w miarę oddalania ciśnienie szybko obniża się.

## 2. Liczbowe charakterystyki fali uderzeniowej.

Fala uderzeniowa charakteryzuje się następującymi zasadniczymi parametrami:

- $\Delta p_f$  - nadciśnienie na czole fali uderzeniowej /w  $\text{kg}/\text{cm}^2$ /;
- $\tau_+$  + czas trwania fazy sprężania /w sek/;
- $\tau_-$  + czas trwania fazy rozrzedzenia /w sek/;
- $P/t$  - zmiana ciśnienia /nadciśnienia/ powietrza w fali uderzeniowej w zależności od czasu /w  $\text{kg}/\text{cm}^2$ /.

Wielkości wymienionych parametrów zależą od mocy wybuchu, odległości od miejsca wybuchu, a także od rodzaju wybuchu.

Nadciśnienie na czole fali uderzeniowej jest głównym parametrem charakteryzującym rażące działanie każdego wybuchu. Wielkość  $\Delta p_f$  zależy od mocy wybuchu i odległości.

Dla wybuchu naziemnego nadciśnienie na czole fali uderzeniowej  $\Delta p_f$  można obliczyć ze wzoru:

$$\Delta p_f = 1,06 \frac{\sqrt[3]{q_{fu}}}{R} + 4,3 \frac{\sqrt[3]{q_{fu}^2}}{R^2} + 13,9 \frac{q_{fu}}{R^3} \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

gdzie:

$q_{fu}$  - trotylowy równoważnik fali uderzeniowej wybuchu jądrowego naziemnego równy połowie równoważnika trotylowego /w kg/

$$q_{fu} = 0,5 q$$

R - odległość od środka wybuchu /w metrach/.

Podczas wybuchu powietrznego wielkość nadciśnienia na czole fali uderzeniowej można określić za pomocą wzoru:

$$\Delta p_f = \Delta p_{fu} / 1 + 7 \frac{\Delta p_f + 1}{\Delta p_f + 7} \cdot \frac{R + H}{2R} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

gdzie:

$\Delta p_{fu} = \Delta p_f$  w jednorodnej atmosferze powietrznej, wylicza się wzoru:

$$\Delta p_{fu} = 0,84 \frac{\sqrt[3]{q_{fu}}}{R} + 2,7 \frac{\sqrt[3]{q_{fu}^2}}{R^2} + 7 \frac{q_{fu}}{R^3} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$R = \sqrt{R_1^2 + H^2}$  = odległość od środka wybuchu /w m/.

$R_1$  - odległość od punktu rzutu środka wybuchu /w m/.

H - wysokość wybuchu /w m./

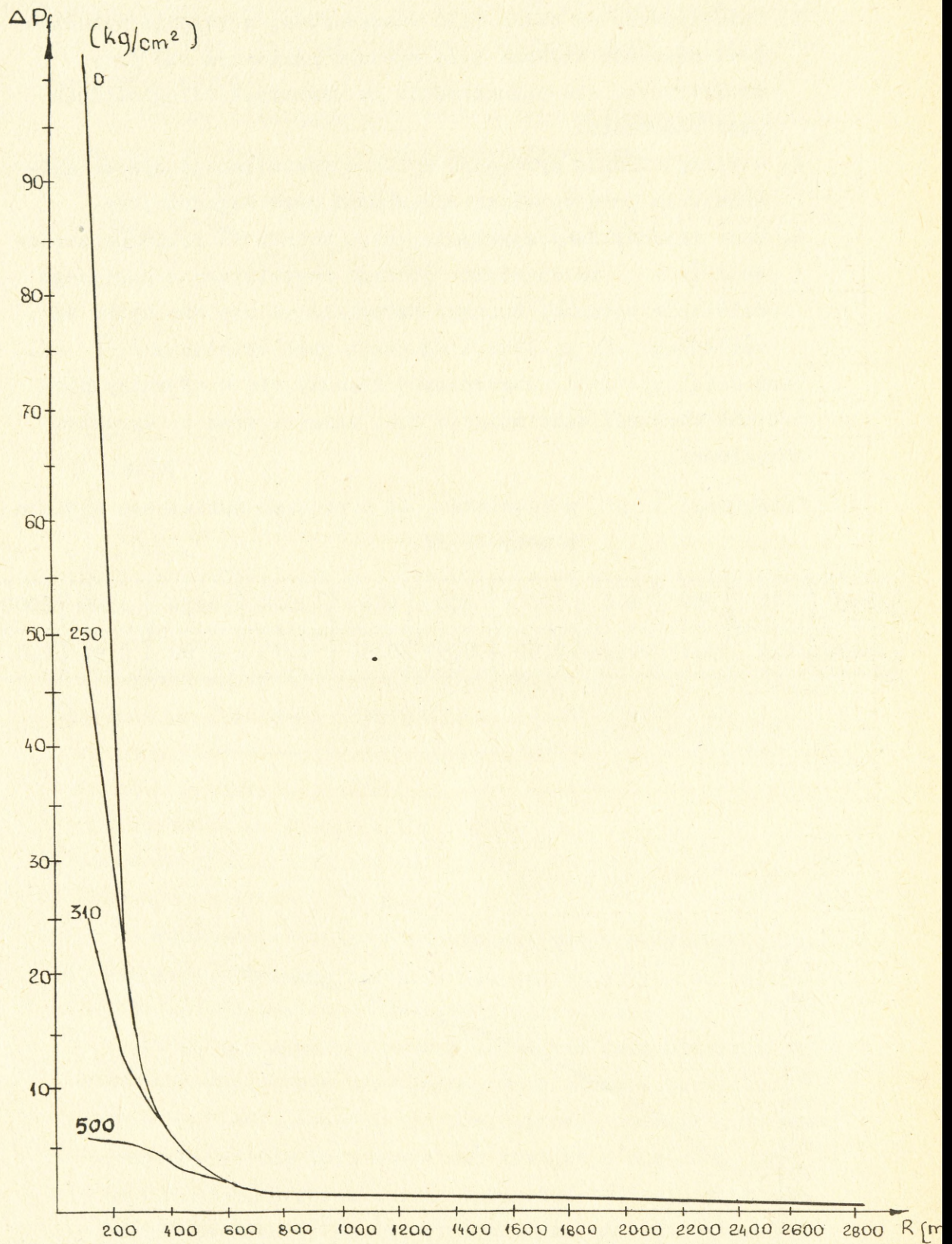
Według powyższych wzorów określono  $\Delta p_f$  dla wybuchu jądrowego o mocy  $q = 30 \text{ KT}$ .

TABELA 1

Orientacyjne wielkości maksymalnego nadciśnienia na czole fali uderzeniowej /  $\Delta p_f$  / podczas wybuchu jądrowego o mocy 30 KT.

Odległość od punktu rzutu wybuchu / punktu uderzenia / R/m/	Wielkość $\Delta p_f$ przy:			
	H = 0 /naziemny/	H = 250 m	H = 310 m	H = 500 m
100	100	48	25	6,4
200	34	26	16	5,8
300	11	11	9	5,2
400	5,6	5,8	5,5	3,6
500	3,2	3,5	3,5	2,6
600	2,1	2,3	2,3	2,0
700	1,52	1,8	1,8	1,6
800	1,15	1,3	1,3	1,3
900	0,91	1,0	1,0	1,1
1000	0,73	0,83	0,83	0,92
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	0,23	0,23	0,28
2300	0,18	0,21	0,21	0,25
2500	0,16	0,19	0,19	0,22
3000	0,12	0,14	0,14	0,15

Na podstawie przytoczonej tabeli można sporządzić wykres zmienności  $\Delta p_f$  w zależności od odległości rodzaju wybuchu i wysokości wybuchu.



Rys. 3

WYKRES ZMIENNOŚCI  $\Delta P_f$  W ZALĘŻNOŚCI OD ODLEGŁOŚCI I WYSOKOŚCI WYBUCHU

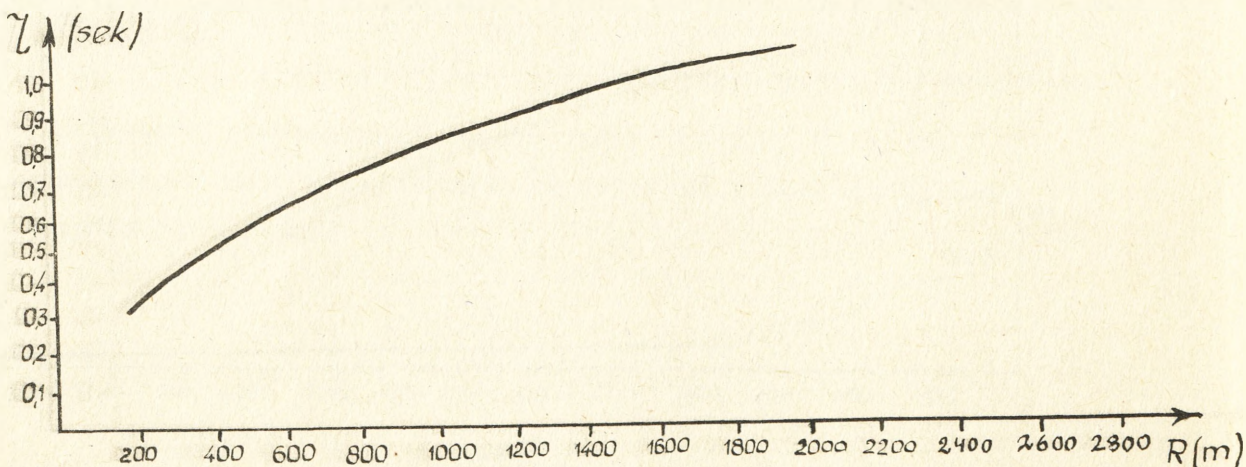
Analizując tabelę i wykres nasuwają się następujące wnioski:

1. Nadciśnienie na czole fali uderzeniowej w rejonie wybuchu jest znacznie większe przy wybuchu naziemnym niż przy powietrznym, ale jednocześnie na większych odległościach jest odwrotnie.
2. W miarę wzrostu wysokości wybuchu powietrznego spadek nadciśnienia przy wzroście odległości jest łagodniejszy.
3. Czas trwania fazy sprężania /czas działania fali uderzeniowej/  $\tau +$  ma znaczenie podczas rozpatrywania burzącego działania wybuchu. Burzące działanie zależy nie tylko od wielkości  $\Delta p_f$  lecz i od czasu jego działania /  $\tau +$ /.  
Czas działania fali uderzeniowej zmienia się w odwrotny sposób niż wielkość nadciśnienia tzn, wzrasta wraz ze wzrostem odległości.

Tabela 2

Zmienność  $\tau +$  w zależności od R podczas naziemnego wybuchu o mocy 30 KT.

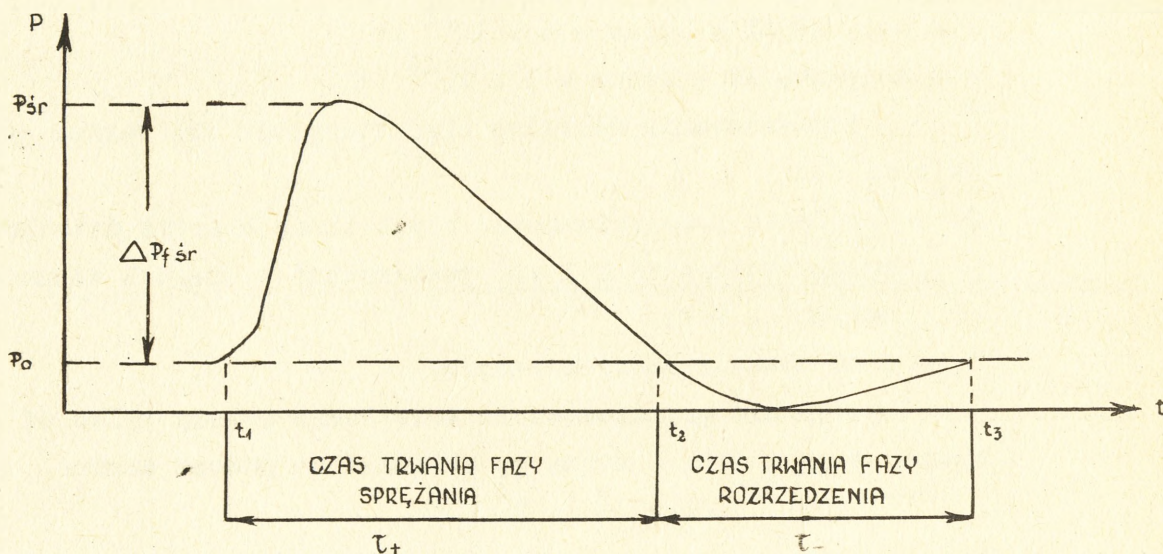
R/m/	200	300	400	500	600	800	1000	1250	1500	2000	3000
/sek/	0,3	0,4	0,46	0,52	0,57	0,65	0,75	0,80	0,90	1,0	1,3



Rys. 4

Z tabeli i wykresu wynika, że czas oddziaływania fali uderzeniowej jest większy na większych odległościach. Wynika to z prędkości fali uderzeniowej, która w miarę wzrostu odległości maleje.

Zmianę ciśnienia powietrza w fali uderzeniowej w zależności od czasu  $P/t$  charakteryzuje wykres.



Rys.5

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że:

1. Zasadniczym parametrem fali uderzeniowej wybuchu jądrowego jest nadciśnienie na czole fali uderzeniowej i w przeważającej ilości wypadków rażące działanie fali uderzeniowej charakteryzuje się przy pomocy tego właśnie parametru.
2. Jako wielkość nadciśnienia powodującego rażenie siły żywej znajdującej się poza ukryciami przyjmuje się  $\Delta p_f \geq$  od 0,2 do 0,25  $\text{kg/cm}^2$ . Przy takim nadciśnieniu powstają lekkie porażenia. Za śmiertelne uważa się  $\Delta p_f \geq 1$   $\text{kg/cm}^2$ .

### B. Promieniowanie świetlne.

Promieniowanie świetlne jest częścią ogólnej energii wybuchu jądowego /około 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 jądowego.

Obliczenia teoretyczne i niektóre dane eksperymentalne wykazują, że promieniowanie świetlne podczas wybuchów jądowych wynosi:

- o mocy 5 KT -  $E_{\text{prom}} = 1,5 \cdot 10^{12}$  cal
- o mocy 20 KT -  $E_{\text{prom}} = 6 \cdot 10^{12}$  cal
- o mocy 100 KT -  $E_{\text{prom}} = 3 \cdot 10^{13}$  cal.

Promieniowanie świetlne charakteryzuje się takimi parametrami jak:

$J_0$  - natężenie promieniowania, czyli ilość energii świetlnej wypromieniowanej z  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni w ciągu 1 sekundy  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{sek}$ ;

$t$  - czas trwania promieniowania.

Natężenie promieniowania świetlnego zależy tylko od temperatury źródła i można je obliczyć za pomocą wzoru:

$$J_0 = \zeta \cdot T^4$$

gdzie:

$\zeta$  - współczynnik stały, równy  $1,37 \cdot 10^{12} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{stop}^4$

$T$  - temperatura absolutna powierzchni promieniującej w  $^{\circ}\text{K}$ .

Nas jednak interesuje nie ilość energii wypromieniowanej, lecz ilość energii świetlnej padającej przez cały czas promieniowania na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni czoła, znajdującego się na określonej odległości od środka wybuchu.

Ponieważ promieniowanie świetlne rozchodzi się we wszystkich kierunkach /sferycznie/ wobec tego wydzielająca się energia świetlna będzie rozkładana na powierzchnię kuli o promieniu  $R$ .

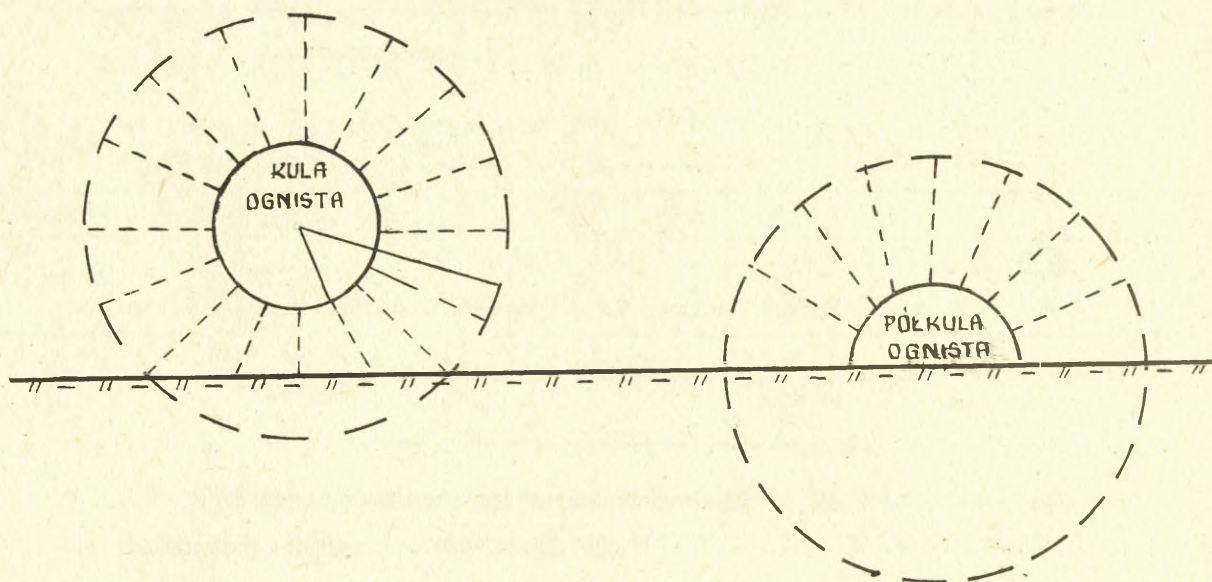
Znając ogólną ilość energii świetlnej, jaka została wydzielona podczas wybuchu / $E_{\text{prom}}$ / można obliczyć ilość energii przypadającej na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni ciała poddanego promieniowaniu.

- przy wybuchu powietrznym:

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

- przy wybuchu naziemnym:

$$U = \frac{0,5 E}{4 \pi R^2} e^{-k/R - r/} \quad (\text{cal/cm}^2)$$



a/ WYBUCH POWIETRZNY

b/ WYBUCH NAZIEMNY

Rys.6

gdzie:

$k$  - współczynnik osłabienia promieniowania przez atmosferę w  $\text{km}^{-1}$ , średni dla całego widma promieniowania.

$k \approx \frac{U}{D}$   $\text{km}^{-1}$ ;  $D$  - widzialność atmosfery w  $\text{km}$ ;

$r$  i  $R$  - średni promień świecącej sfery i odległość od środka wybuchu w  $\text{km}$ .

Wartość "U" przyjęto nazywać impulsem świetlnym.

Impuls świetlny jest to ilość energii świetlnej przypadającej na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni prostopadłej do kierunku rozchodzenia się promieniowania w czasie całego promieniowania.

Często stosuje się także pojęcie tzw. efektywny impuls świetlny  $U_{ef}$   $\left( \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sek}^{1/2}} \right)$  /, który praktycznie w sposób

jednoznaczny określa zdolność zapalenia lub rażenia promieniowania świetlnego wybuchu jądrowego.

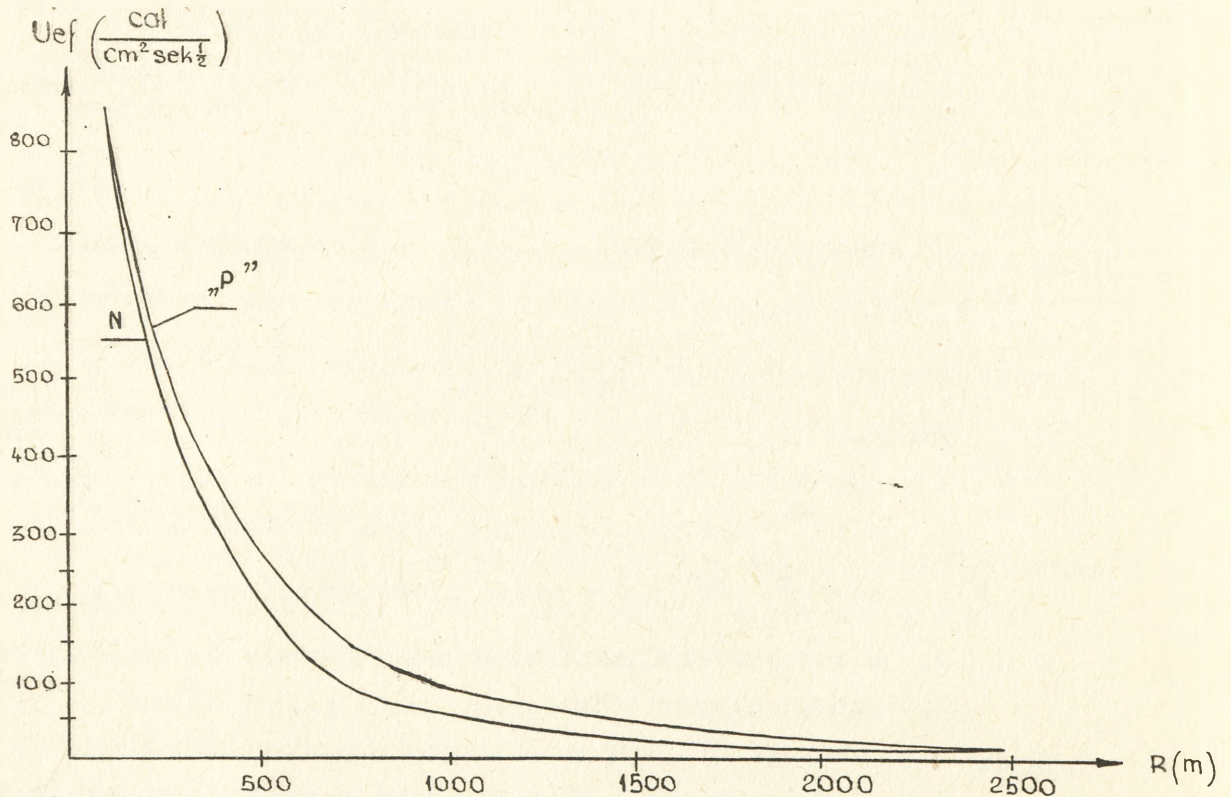
$$U_{ef} = \frac{U_t}{\sqrt{t_{\max}}} = \frac{0,8 U}{\sqrt{0,018} \cdot \sqrt{q}} = \frac{6U}{\sqrt{q}} \left( \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sek}^{1/2}} \right)$$

Wartość impulsu świetlnego i efektywnego impulsu świetlnego bardzo znacznie maleje wraz ze wzrostem odległości

Orientacyjne wartości efektywnego impulsu świetlnego

$U_{ef}$   $\left( \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sek}^{1/2}} \right)$  podczas wybuchu naziemnego o mocy  $q = 30 \text{ KT}$ .

R /m/	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
$U_{ef} \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sek}^{1/2}}$	295	128	58,5	31,0	20,0	14,0	10,0	8,0



Rys. 7.

Promieniowanie świetlne razi przez palenie i zwęglanie względnie przez oparzenie i działanie na wzrost u ludzi /zwierząt/. Różne ciała dla ich zwęglania /oparzenia/ wymagają różnej ilości energii świetlnej i dlatego za zasadniczy parametr rażącego działania promieniowania świetlnego przyjmuje się efektywny impuls świetlny lub impuls świetlny.

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

### C. Promieniowanie przenikliwe.

Promieniowanie przenikliwe jest jedną z charakterystycznych cech wybuchu jądrowego, która odróżnia go od wybuchów zwykłych pocisków i bomb lotniczych.

Promieniowaniem przenikliwym nazywa się emitowane podczas wybuchu promienia gamma i neutrony, które rozchodzą się z bardzo dużą prędkością na duże odległości. Właściwością tego promieniowania jest możliwość przenikania przez różne przeszkody i szkodliwe oddziaływanie na organizmy żywe przez jonizację żywych i 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 sek. a czas promieniowania neutronowego jest jeszcze krótszy. Podczas oceny szkodliwego działania promieniowania, jako wskaźnika /parametru/ używa się pojęcia "dawka promieniowania" / $D_{pr}$ /. Dawka promieniowania jest sumą dawki promieniowania gamma / $D_{\gamma}$ / i dawki promieniowania neutronowego / $D_n$ /.

$$D_{pr} = D_{\gamma} + D_n$$

Dawka promieniowania jest to całkowita liczba par jonów wytworzonych w  $1 \text{ cm}^3$  ośrodka przez cały czas działania promieniowania.

Dawkę promieniowania gamma wyraża się w rentgenach /r/<sup>x/</sup>

x/ Rentgen /r/ jest to taka dawka promieniowania gamma, przy której w  $1 \text{ cm}^3$  suchego powietrza o temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  i ciśnieniu  $760 \text{ mm s.t.}$  powstaje  $2.08 \cdot 10^7$  par jonów niosących jednostkę elektryczną ładunku.

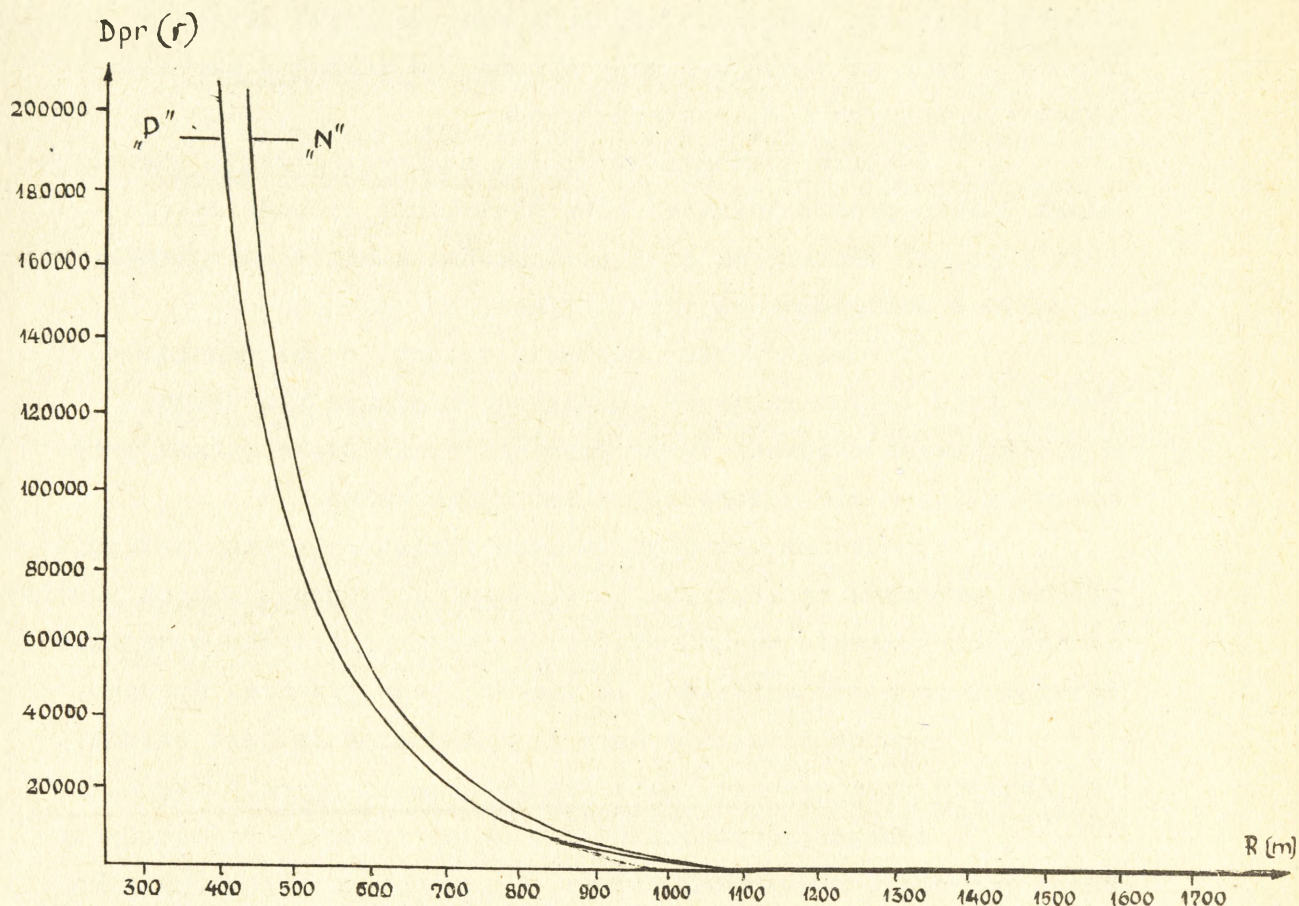
a dawką promieniowania neutronowego - w biologicznych rentgenorównoważnikach /brr/. Działanie 1 brr jest równe działaniu 1 r.

Dla oceny natężenia promieniowania używa się pojęcia "moc dawki"  $\frac{P_{pr}}{P_n}$ , Pn/ wyrażona w rentgenach /biologicznych rentgenorównoważnikach/ w jednostce czasu (r/godz.)

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

TABELA 4  
Orientacyjne wartości dawek promieniowania  $\frac{D_{pr}}{D_{pr}}$  podczas wybuchu jądrowego o mocy 30 kł.

Odległość od punktu zerowego /w m/	Naziemny	Powietrzny
300	ponad 400.000	ponad 300.000
400	265.500	212.500
500	109.000	88.000
600	52.500	42.500
700	23.750	19.290
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



#### ZMIENNOŚĆ DAWKI PROMIENIOWANIA

Rys.8

Rozpatrując oddzielnie promieniowanie gamma i neutronowe stwierdzić należy, 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 wskutek opadania promieniotwórczych produktów, powstałych podczas wybuchu jądrowego, na ziemię, zarówno w miejscu wybuchu jak i na drodze przesuwania się obłoku promieniotwórczego. W rejonie wybuchu powstaje też skażenie na skutek wytworzenia się 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 określa się pojęciami "dawka promieniowania" albo "natężenie promieniowania beta i gamma" mierzonymi przy powierzchni ziemi w rentgenach /r/ albo w rentgenach na godz. /r/godz/.

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

Największe promieniotwórcze skażenie terenu występuje podczas wybuchów naziemnych, podczas wybuchów powietrznych promieniotwórcze skażenie terenu występuje zasadniczo tylko w rejonie wybuchu i jest tym mniejsze, im większa jest wysokość wybuchu.

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

Reasumując rozważania na temat rażącego działania wybuchu jądrowego stwierdzić należy, że rażące działanie wybuchu jądrowego jest wielostronne ze względu na występowanie czterech zasadniczych czynników rażenia. W zależności od rodzaju celu, rodzaju i mocy wybuchu oraz odległości od wybuchu może nastąpić rażenie od wszystkich lub od niektórych tylko czynników.

Zasadniczymi czynnikami rażenia są:

a/ Podczas wybuchu powietrznego:

1. Fala uderzeniowa, której rażące działanie charakteryzuje przede wszystkim nadciśnienie na czole fali uderzeniowej  $\Delta P_f$  wyrażona w  $\text{kg/cm}^2$ .
2. Promieniowanie świetlne - główny parametr impuls świetlny  $U$  ( $\text{cal/cm}^2$ ) lub efektywny impuls świetlny

$$U_{ef} \left( \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sek}^{1/2}} \right)$$

3. Promieniowanie przenikliwe charakteryzujące się dawką promieniowania  $D_{pr} = D_\gamma + D_n [r]$  lub natężenie promieniowania  $P_{pr} \left( \frac{r}{\text{godz.}} \right)$

b/ Podczas wybuchu naziemnego:

Oprócz trzech wyżej wymienionych czynników rażących występujących podczas wybuchu powietrznego, przy wybuchu naziemnym występuje czwarty czynnik - promieniotwórcze skażenie terenu - charakteryzujące się dawką promieniowania beta

$D_{\beta}$  i gamma  $D_{\gamma}$  [r].

## II. PRAWA RAŻĄCEGO DZIAŁANIA WYBUCHU JĄDROWEGO

Pod pojęciem prawa rozumiemy zależność funkcyjną między dwoma wielkościami /między zmienną zależną i zmienną niezależną/.

$$y = f/x/$$

W odniesieniu do rażenia celu będą to zależności pomiędzy prawdopodobieństwem rażenia celu a mocą wybuchu, rodzajem wybuchu, oddaleniem wybuchu od celu.

$$p = f/q/ \quad q - \text{moc wybuchu}$$

$$p = f/R/ \quad R - \text{oddalenie wybuchu od celu.}$$

Rozpatrując rażące działanie wybuchu jądrowego poszukiwać się będziemy dwoma prawami:

1. "Warunkowe prawo rażenia
2. "Płaszczyznowe prawo rażenia.

Podczas wybuchu jądrowego, w wyniku rażącego działania poszczególnych jego rażących czynników, cel może być rażony w różnym stopniu, w zależności od wielkości zasadniczych parametrów czynników rażenia /  $\Delta p_f$ ,  $U_{e_f}$ ,  $D_{pr}$  /.

W praktyce rozróżnia się cztery stopnie rażenia:

a/ w odniesieniu do siły żywej:

1. śmiertelne
2. ciężkie
3. średnie
4. lekkie.

b/ w odniesieniu do techniki bojowej:

1. całkowite zniszczenie
2. ciężkie uszkodzenie
3. średnie uszkodzenie
4. lekkie uszkodzenie.

W toku walki interesują strzelającego w zasadzie dwie możliwości - cel będzie rażony, czy nie będzie rażony.

Za cele rażone uważa się te, które będą rażone w stopniu nie mniejszym niż średnim.

Ten sam rażący czynnik wybuchu jądrowego w różnych wypadkach może razić ten sam cel w różnym stopniu i dlatego zawczasu możemy określić jedynie prawdopodobieństwo rażenia celu w określonym stopniu.

Wielkości prawdopodobieństwa rażenia celu w określonym stopniu od określonych czynników rażenia podaje warunkowe prawo rażenia.

#### A. Warunkowe prawo rażenia.

Warunkowym prawem rażenia nazywamy prawo wyrażające zależność pomiędzy prawdopodobieństwem rażenia celu a wielkością rażącego czynnika.

Wielkości prawdopodobieństw rażenia celu poszczególnymi czynnikami rażenia wybuchu jądrowego określono metodą doświadczalną. Opierając się na twierdzeniu, że przy dużej ilości doświadczeń częstość zdarzeń jest bliska prawdopodobieństwu, przyjęto wartości częstości rażenia celów poszczególnymi rażącymi czynnikami, jako wartości prawdopodobieństwa rażenia celu tymi rażącymi czynnikami.

Ponieważ różne cele w różnym stopniu są rażone tym samym rażącym czynnikiem, wobec tego dla każdego rodzaju celu będą inne prawa warunkowe.

Warunkowe prawo rażenia oznacza się:

- p/raź/  $\Delta p_f$ / - prawdopodobieństwo rażenia danego celu w zależności od wielkości nadciśnienia na czole fali uderzeniowej;
- p/raź/  $U_{e_f}$ / - prawdopodobieństwo rażenia danego celu w zależności od wielkości efektywnego impulsu świetlnego;
- p/raź/  $D_{pr}$ / - prawdopodobieństwo rażenia danego celu w zależności od wielkości całkowitej dawki promieniowania.

Wartości warunkowego prawa rażenia różnych celów zebrane są w specjalne tablice.

A oto wartości prawdopodobieństwa rażenia siły żywej odkrytej w zależności od  $\Delta p_f$ ,  $U_{e_f}$ ,  $D_{pr}$  w stopniu nie mniej niż średnim.

TABELA 5

a/

$\Delta p_f / \text{kg/cm}^2$	0-0,25	0,46	0,58	0,66	0,77	0,89
p /raź/ $\Delta p_f /$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,98

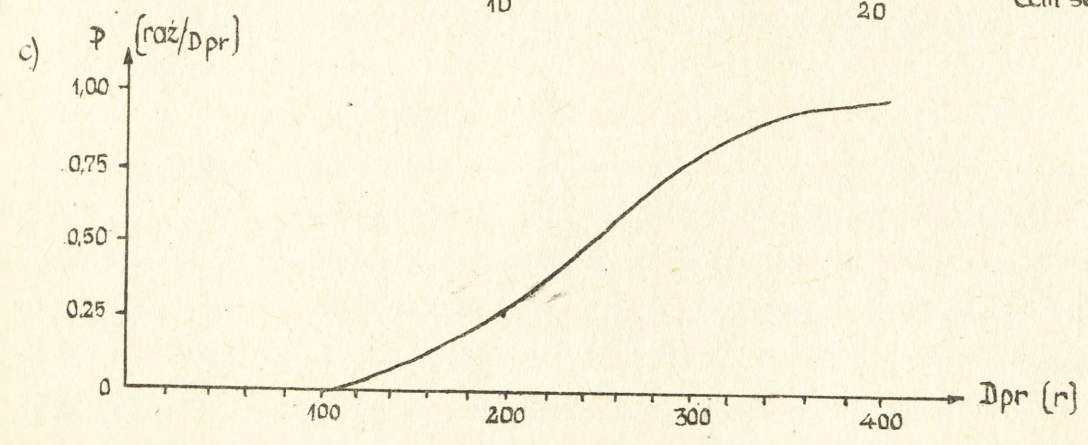
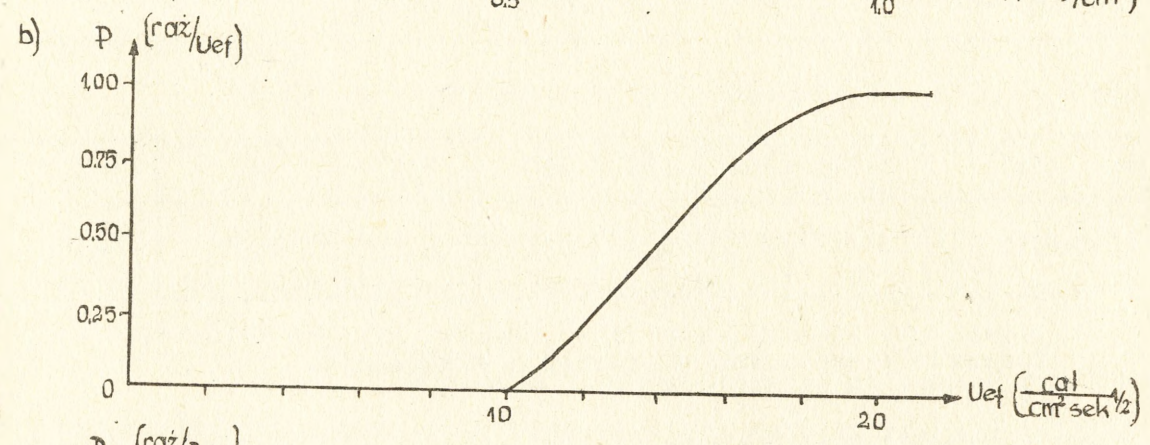
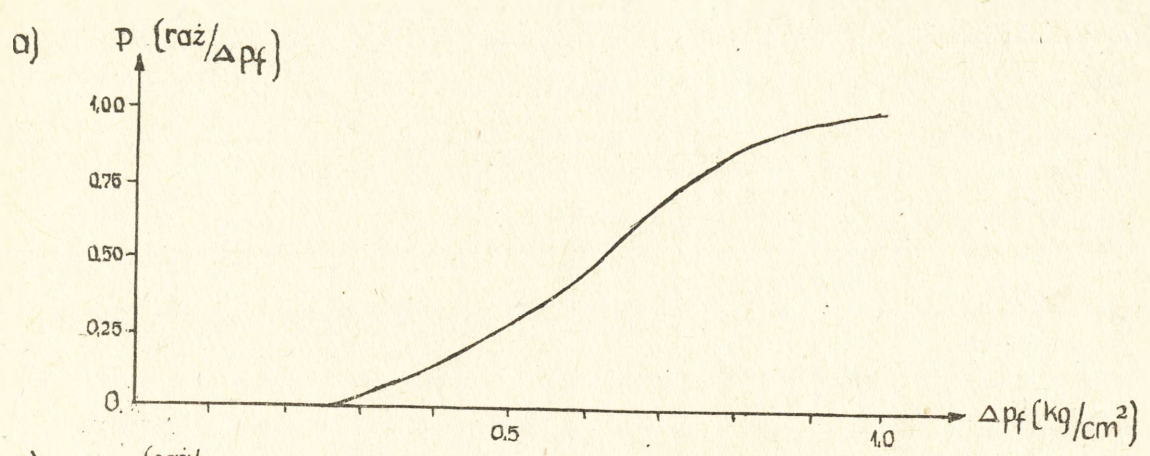
b/

$U_{e_f} / \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ sek}} \sqrt{2}$	0-10	12	14	16	18	20
p /raź/ $U_{e_f} /$	0,0	0,2	0,5	0,75	0,95	1,0

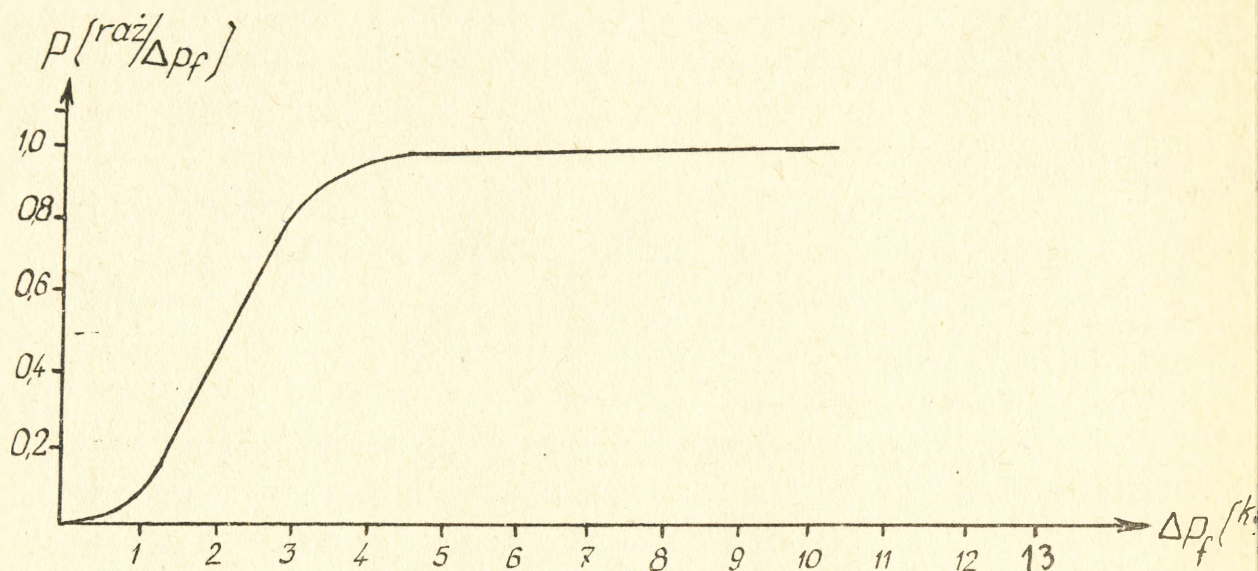
c/

D <sub>pr</sub> /r/	0-100	150	200	250	300	350	400
p /raź/ D <sub>pr</sub> /	0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0

Powyższe prawa można przedstawić wykreslnie:



Rs. 9 WARUNKOWE PRAWO RAŻENIA SIŁY ŻYWEJ ODKRYTEJ W STOPNIU  
NIE MNIEJ NIŻ ŚREDNIM



Rys. 10 WARUNKOWE PRAWO RAŻENIA CZOŁGA ŚREDNIEGO

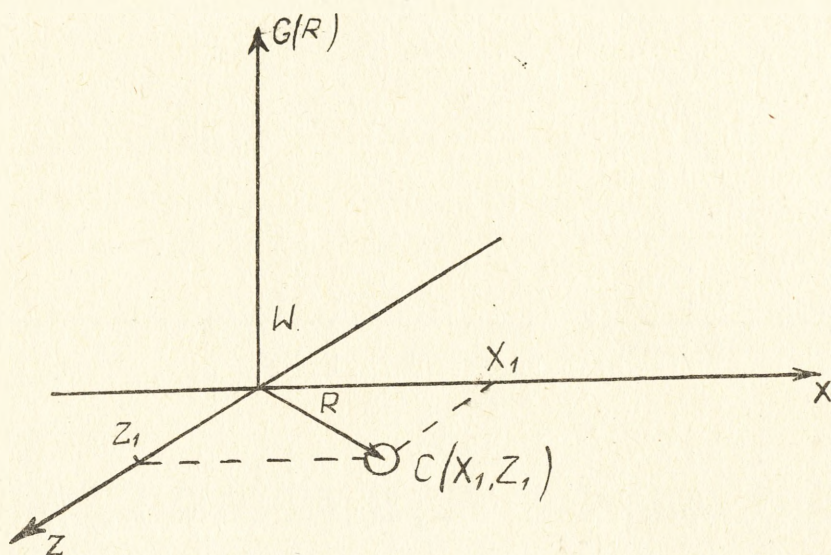
Rys.10

Znając wielkości parametrów poszczególnych rażących czynników na różnych odległościach od wybuchów można określić prawdopodobieństwo rażenia celu tymi czynnikami.

Posługiwanie się warunkowym prawem rażenia w praktyce jest niewygodne. Wygodniejsze jest prawo wyrażające zależność prawdopodobieństwa rażenia celu, od oddalenia wybuchu od celu. Zależność taką wyraża płaszczyznowe prawo rażenia.

B. Płaszczyznowe prawo rażenia.

Płaszczyznowym prawem rażenia nazywamy prawo wyrażające zależność pomiędzy prawdopodobieństwem rażenia celu a wielkością oddalenia wybuchu od celu /na płaszczyźnie/.



Rys.11

Położenie punktu na płaszczyźnie określa się parą współrzędnych  $/x, z/$  względnie odległością i kątem  $/r, \varphi /$ . Dla nas istotnym jest tylko oddalenie  $R$ , które

$$R = x^2 + z^2$$

Płaszczyznowe prawo rażenia oblicza się dla wszystkich możliwych oddaleń wybuchu od celu na podstawie warunkowego prawa rażenia dla wybuchów jądrowych o różnej mocy, różnej wysokości i do różnych celów.

Sposób obliczenia płaszczyznowego prawa rażenia:

1. Ustala się kolejne możliwe oddalenie wybuchu od celu np. 100, 200, 300, 500 itd.
2. Na podstawie mocy, rodzaju i wielkości wybuchu określa się z odpowiednich tabel lub wykresów wielkości rażących czynników na tych /przyjętych/ odległościach od wybuchu.

3. Według wielkości rażących czynników /na tych odległościach/ z tabel lub wykresów warunkowego prawa rażenia, określa się wartości prawdopodobieństwa rażenia celu /w zależności od oddalenia wybuchu od celu/, czyli płaszczyznowe prawo rażenia

a/ Płaszczyznowe prawo rażenia w odniesieniu do techniki bojowej.

Zasadniczym czynnikiem rażącym sprzęt bojowy jest fala uderzeniowa, /tj. nadciśnienie na czole fali uderzeniowej/ dlatego też płaszczyznowe prawo rażenia techniki bojowej oblicza się tylko na podstawie  $\Delta p_f$ . Pozostałe rażące czynniki wybuchu jądrowego też wywierają pewne działanie jednak jest ono bardzo małe w porównaniu z działaniem fali uderzeniowej i praktycznie nie uwzględnia się ich.

Dla przykładu rozpatrzmy płaszczyznowe prawo rażenia w odniesieniu do czołgu średniego przy oddaleniach wybuchu od celu: 100, 300, 500, 700 i 1000 m. Wybuch jądrowy o mocy 30 Kt, wysokość 310 m.

Rozwiązanie:

1. Ustalone odległości: 100, 300, 500, 700 i 1000 m.
2. Ponieważ czołgi są rażone głównie falą uderzeniową wobec tego z tabel określamy tylko wielkości  $\Delta p_f$  na:

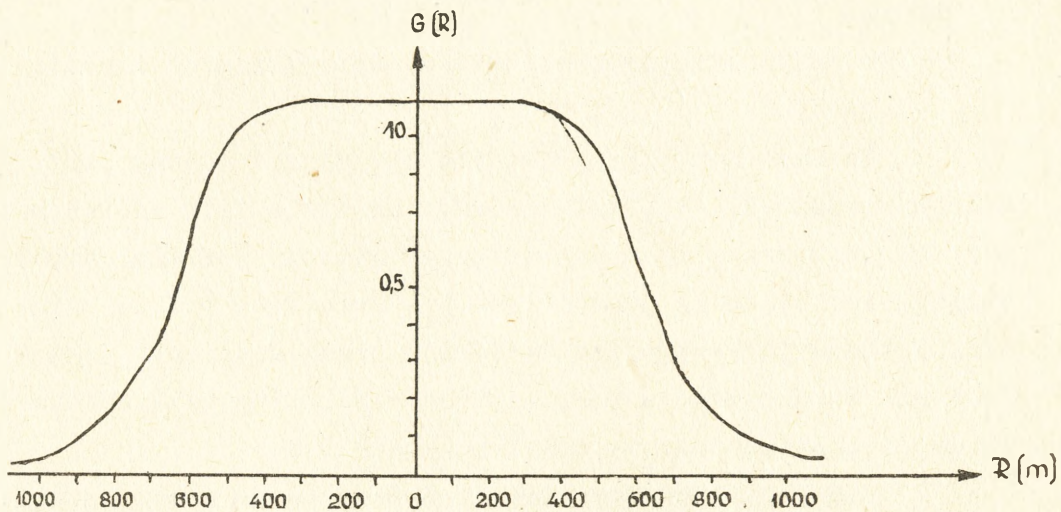
R = 100 m	- $\Delta p_f = 25 \text{ kg/cm}^2$
R = 300 m	- $\Delta p_f = 9 \text{ kg/cm}^2$
R = 500 m	- $\Delta p_f = 3,5 \text{ kg/cm}^2$
R = 700 m	- $\Delta p_f = 1,8 \text{ kg/cm}^2$
R = 1000 m	- $\Delta p_f = 0,83 \text{ kg/cm}^2$

3. Z tabeli lub wykresu określamy wartości prawdopodobieństwa rażenia:

przy $\Delta p_f = 25 \text{ kg/cm}^2$	- p /raź/ $\Delta p_f / = 1,0$
$\Delta p_f = 9 \text{ kg/cm}^2$	- p /raź/ $\Delta p_f = 0,99$
$\Delta p_f = 3,5 \text{ kg/cm}^2$	- p /raź/ $\Delta p_f / = 0,87$
$\Delta p_f = 1,8 \text{ kg/cm}^2$	- p /raź/ $\Delta p_f / = 0,32$
$\Delta p_f = 0,8 \text{ kg/cm}^2$	- p /raź/ $\Delta p_f / = 0,07$

Wobec tego G /R/ wynosi:

100 = 1,0
300 = 0,99
500 = 0,87
700 = 0,32
1000 = 0,07



#### PLASZCZYZNOWE PRAWO RAŻENIA W ODNIESIENIU DO CZOŁGU ŚREDNIEGO

Rys.12

W podobny sposób, lecz z większą dokładnością określa się płaszczyznowe prawo rażenia w odniesieniu do różnego rodzaju sprzętu bojowego wybuchami jądrowymi o różnej mocy i wysokości wybuchów.

b/ Płaszczyznowe prawo rażenia w odniesieniu do siły żywej.

Podczas wybuchu jądrowego siła żywa jest rażona kilkoma rażącymi czynnikami jednocześnie, czyli występuje tak zwane "rażenie kombinowane". Nas interesować będzie nie prawdopodobieństwo rażenia celu jednym, określonym rażącym czynnikiem, lecz "prawdopodobieństwo rażenia co najmniej jednym czynnikiem ze wszystkich rażących cel"

Prawdopodobieństwo rażenia co najmniej jednym rażącym czynnikiem określa się według wzoru:

$$G/R/ = 1 - \left[ 1 - p \left( \text{raż/ } \Delta p_f \right) \right] \cdot \left[ 1 - p \left( \text{raż/ } U_{e_f} \right) \right] \cdot \left[ 1 - p \left( \text{raż/ } D_{pr} \right) \right]$$

gdzie:

$1 - p \left( \text{raż/ } \Delta p_f \right)$  - prawdopodobieństwo nierażenia falą uderzeniową.

$1 - p \left( \text{raż/ } U_{e_f} \right)$  - prawdopodobieństwo nierażenia celu promieniowaniem świetlnym.

$1 - p \left( \text{raż/ } D_{pr} \right)$  - prawdopodobieństwo nierażenia celu promieniowaniem przenikliwym.

$1 - p \left( \text{raż/ } p_f \right)$   $1 - p \left( \text{raż/ } U_{e_f} \right)$   $1 - p \left( \text{raż/ } D_{pr} \right)$  - prawdopodobieństwo nierażenia celu wszystkimi trzema czynnikami.

Obliczamy płaszczyznowe prawo rażenia kombinowanego siły żywej odkrytej przy wybuchu powietrznym o mocy  $q = 30$  KT na wysokości  $H_1 = 250$  m i  $H_2 = 500$  m.

Obliczenia przeprowadzamy w formie tabeli przyjmując kolejne oddalenie <sup>co</sup> 200 m a następnie sporządzamy wykres płaszczyznowego prawa rażenia.

TABELA 7

Obliczenie płaszczyznowego prawa rażenia siły żywej odkrytej podczas wybuchu powietrznego o mocy 30 kt

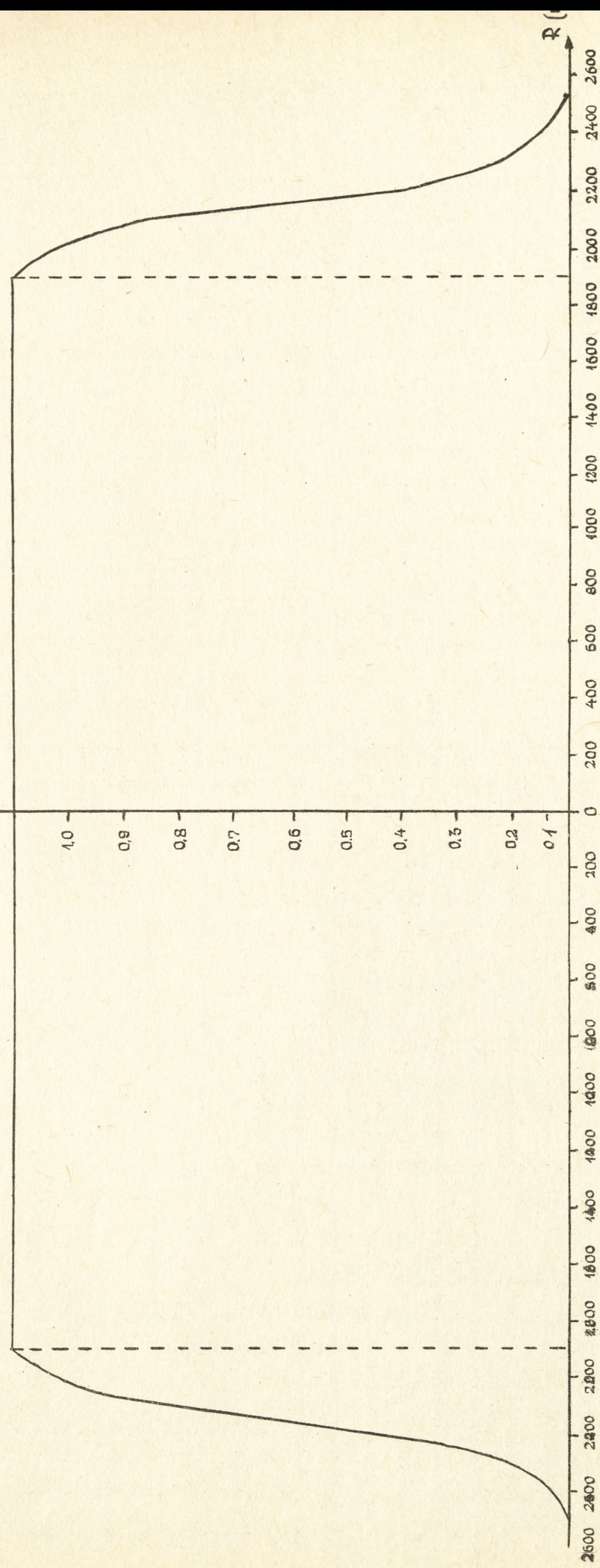
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Oddalenie od punktu zerowego / w m/	$\Delta p_f$ $\left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$U_{ef}$ $\left( \frac{\text{cal}}{2 \text{ cm sek}^{1/2}} \right)$	$D_{pr}$ [r]	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	Warunkowe prawidłowe rażenia	G/R/= $\frac{1}{q_1 \cdot q_2 \cdot q_3}$
200	26	295	-	1	1	1	0	0	0	0	1
400	5,8	215	212000	1	1	1	0	0	0	0	1
600	2,1	128	42500	1	1	1	0	0	0	0	1
800	1,15	75	10650	1	1	1	0	0	0	0	1
1000	0,73	50	3175	0,52	1	1	0,48	0	0	0	1
1200	0,55	31	955	0,32	1	1	0,68	0	0	0	1
1400	0,41	24	310	0,12	1	0,82	0,88	0	0,18	0	1
1600	0,32	17	105	0,04	0,85	0,01	0,96	0,15	0,99	0,142	0,86
1800	0,26	14	45	0	0,50	0	1	0,50	1	0,50	0,50
2000	0,22	11	-	0	0,10	0	1	0,90	1	0,90	0,10
2200	0,17	9	-	0	0	0	1	1	1	1,00	0

a/  $H_1 = 250 \text{ m}$

b/H<sub>2</sub> = 500 m

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
200	5,8	295		1	1	1	0	0	0	0	1
400	3,6	215	21200	1	1	1	0	0	0	0	1
600	2,0	128	42500	1	1	1	0	0	0	0	1
800	1,3	75	10650	1	1	1	0	0	0	0	1
1000	0,92	50	3175	0,95	1	1	0,05	0	0	0	1
1200	0,70	31	955	0,66	1	1	0,34	0	0	0	1
1400	0,56	24	310	0,36	1	0,82	0,64	0	0,18	0	1
1600	0,45	17	105	0,17	0,85	0,01	0,83	0,15	0,99	0,123	0,88
1800	0,37	14	45	0,08	0,50	0	0,92	0,50	1	0,46	0,54
2000	0,31	11	-	0,03	0,10	0	0,97	0,9	1	0,87	0,13
2200	0,27	9	-	0,01	0	0	0,99	1	1	0,99	0,01
2400	0,24	8	-	0	0	0	1	1	1	1,0	0

G(R)



Rys. 13. PŁASZCZYZNOWE PRAWO RAŻENIA SILY ŻYWEJ ODKRYTEJ PODCZAS POWIETRZNYCH WYBUCHÓW JADROWYCH O MOCY 30KT

Uwaga:

Dane do obliczeń przyjmowane były z tabel oraz odpowiadających im wykresów.

W podobny sposób lecz z większą dokładnością oraz dla różnych warunków przeprowadzono obliczenia płaszczyznowego prawa rażenia różnych celów /siła żywa/ i według danych średnich sporządzono wykres do oceny skuteczności strzelania.

Na podstawie przytoczonego przykładu nasuwa się wniosek, że prawdopodobieństwo rażenia podczas wybuchów powietrznych zmienia się nieznacznie przy zmianie wysokości wybuchu. Dlatego też na wykresie do oceny skuteczności strzelania przyjęte zostały tylko jedne, średnie wartości prawdopodobieństwa rażenia celów niezależnie od wysokości wybuchów.

Z wykresu wynika również, że w granicach okręgu o promieniu  $k = 1400$  m cele będą rażone z prawdopodobieństwem 100 procentowym. Powierzchnia tego okręgu stanowi strefę 100 procentowego /pewnego/ rażenia.

Poza granicami tego okręgu cele również będą rażone jednak prawdopodobieństwo ich rażenia będzie mniejsze i powierzchnię tego pierścienia o średnicy zewnętrznej 2200 /2400/ m oraz średnicy wewnętrznej 1400 m nazywamy strefą niestopcentowego /niepewnego/ rażenia.

c/ Płaszczyznowe prawo rażenia w odniesieniu do celu pojedynczego.

Celami pojedynczymi przyjęto nazywać takie obiekty, które zajmują bardzo małą powierzchnię, a składają się z kilku elementarnych celów. Na przykład:

- 203 mm hb na SO: - działo
  - obsługa działo
- pocisk raketowy na SS: - wyrzutnia
  - rakieto
  - obsługa wyrzutni.

Podczas wybuchu jądrowego w tego typu celach są rażone jednocześnie wszystkie ich elementy. Cele tego rodzaju przyjmuje się jako cele punktowe.

Płaszczyznowe prawo rażenia takich celów określa się na podstawie twierdzenia o sumie prawdopodobieństw dwóch zdarzeń zależnych.

1. Cel pojedynczy składa się z dwóch elementów:

- 203 mm hb na SO: - działo
- obsługa działła.

$$G/R = G_{Dz/R} + G_{Obsk/R} - G_{Dz/R} \cdot G_{Obsk/R}$$

gdzie:

$G_{Dz/R}$  - prawdopodobieństwo rażenia działła;

$G_{Obsk/R} = G^{6 o. s. z. R}$  - prawdopodobieństwo jednoczesnego rażenia 6 ludzi obsługi działła;

$G_{Dz/R} + G_{Obsk/R}$  - prawdopodobieństwo jednoczesnego rażenia i działła i obsługi;

$G_{Dz/R} \cdot G_{Obsk/R}$  - prawdopodobieństwo jednoczesnego rażenia i działła i obsługi.

2. Cel składa się z trzech elementów:

- wyrzutnia . . .
- rakiet
- obsługa wyrzutni.

$$G/R = G_{Wyrz./R} + G_{Rak/R} + G_{Obsk./R} - G_{Wyrz./R} \cdot G_{Rak/R} -$$

$$- G_{Wyrz./R} \cdot G_{Obsk./R} - G_{Rak/R} \cdot G_{Obsk./R} + G_{Wyrz./R} \cdot$$

$$\cdot G_{Rak/R} \cdot G_{Obsk./R}$$

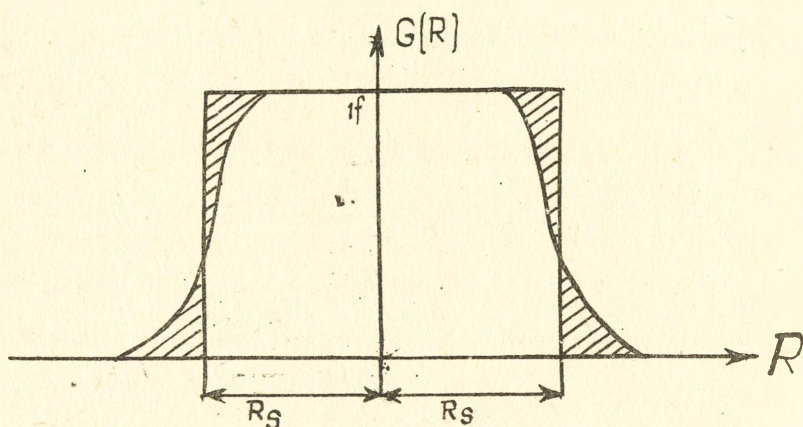
Według powyższej zasady obliczone zostało płaszczyznowe prawo rażenia pojedynczych celów a wartości jego wykorzystano przy sporządzaniu wykresów oceny skuteczności strzelania.

3. Obliczeniowa strefa rażenia wybuchu jądrowego.

Płaszczyznowe prawo rażenia daje pełną i wyczerpującą charakterystykę rażącego działania wybuchu jądrowego danej mocy i na danej wysokości oraz danego konkretnego celu. Płaszczyznowych praw jednak należy mieć dużo, a obliczenia są żmudne i nie zawsze łatwe. Dlatego podczas planowania ognia w sztabach konieczne jest posiadanie bardziej prostych sposobów i charakterystyk.

Taką prostą, ale niepełną charakterystyką rażącego działania wybuchu jądrowego jest "obliczeniowa strefa rażenia".

Wprowadzając pojęcie obliczeniowej strefy rażenia wykorzystano fakt, że krzywa płaszczyznowego prawa rażenia poza granicami strefy pewnego rażenia opada bardzo stromo i wobec tego, nie popełniając dużego błędu można zamienić powierzchnię zawartą pod krzywą /R/ na równoznaczną powierzchnię prostokąta.



Rys. 14

Czyli zastąpione tu zostało prawo rzeczywiste /R/ prawem równego prawdopodobieństwa, według którego cele w granicach okręgu o promieniu  $R_s$  będą rażone ze 100 procentowym prawdopodobieństwem /pewnie/. Powierzchnia zawarta w granicach okręgu o promieniu  $R_s$  nosi nazwę obliczeniowej strefy rażenia /S<sub>s</sub>/.

$$S_s = \pi R_s^2$$

Wielkość tę oblicza się jako nadzieję matematyczną powierzchni, na której cele będą rażone z prawdopodobieństwem 100 procentowym. Wykorzystuje się w tym wypadku twierdzenie, że nadzieja matematyczna ilości trafień przy jednym strzale równa się prawdopodobieństwu trafienia, czyli w odniesieniu do wybuchu jądrowego będzie to brzmiało: nadzieja matematyczna rażonej powierzchni przy jednym wybuchu równa jest prawdopodobieństwu rażenia na danej odległości

$$S_s = S_r \cdot G/R/$$

gdzie:

$S_r$  - strefa rażenia wybuchu

$G/R/$  - prawdopodobieństwo rażenia celów na obszarze danej strefy rażenia.

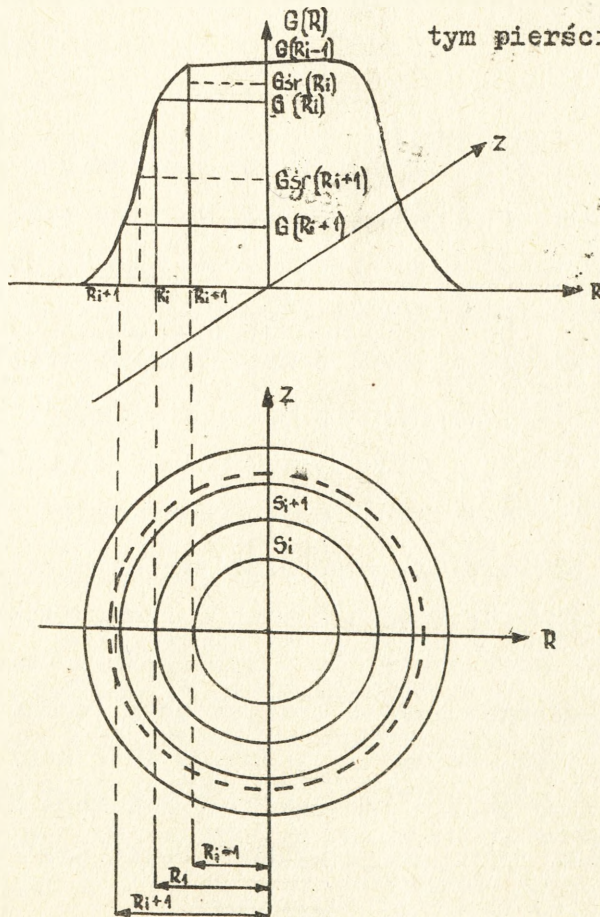
Ponieważ  $G/R/$  zmienia się wraz ze zmianą  $R$  dlatego obliczeniową strefę rażenia oblicza się przez zsumowanie kolejnych obliczeniowych pierścieni rażenia

$$S_s = \sum_1^n S_i \cdot G_{sr} / R_i /$$

gdzie:

$S_i = \pi (R_i^2 - R_{i-1}^2) /$  - powierzchnia  $i$  - tego pierścienia

$G_{sr} / R_i / = \frac{G/R_i/ + G/R_{i-1}/}{2}$  - średnia wartość prawdopodobieństwa rażenia w  $i$  - tym pierścieniu.



Rys. 15

Obliczeniową strefą rażenia nazywamy nadzieję matematyczną strefy rażenia w granicach której oczekiwać można, że cele będą w 100% /pewnie/ rażone.

Obliczeniowa strefa rażenia jako nadzieja matematyczna strefy rażenia jest większa od rzeczywistej strefy całkowitego rażenia i słuszna jest tylko w przypadku dużej ilości strzelań jako średni oczekiwany wynik. Z tego też względu ocenę skuteczności strzelania poprzedza się na podstawie płaszczyznowego prawa rażenia, a nie obliczeniowej strefy rażenia lub promienia obliczeniowej strefy rażenia.

$$\text{Promień obliczeniowej strefy rażenia } R_s = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

wykorzystany jest zasadniczo tylko jako wielkość informacyjna o rażącym działaniu wybuchu jądrowego oraz podczas pobieżnej oceny lub planowania ognia.



W celu porównania wielkości promieni obliczeniowych stref rażenia wybuchu powietrznego i naziemnego obliczamy również obliczeniową strefę dla wybuchu powietrznego na wysokości  $H = 500$  m, wykorzystując dane z poprzednich przykładów.

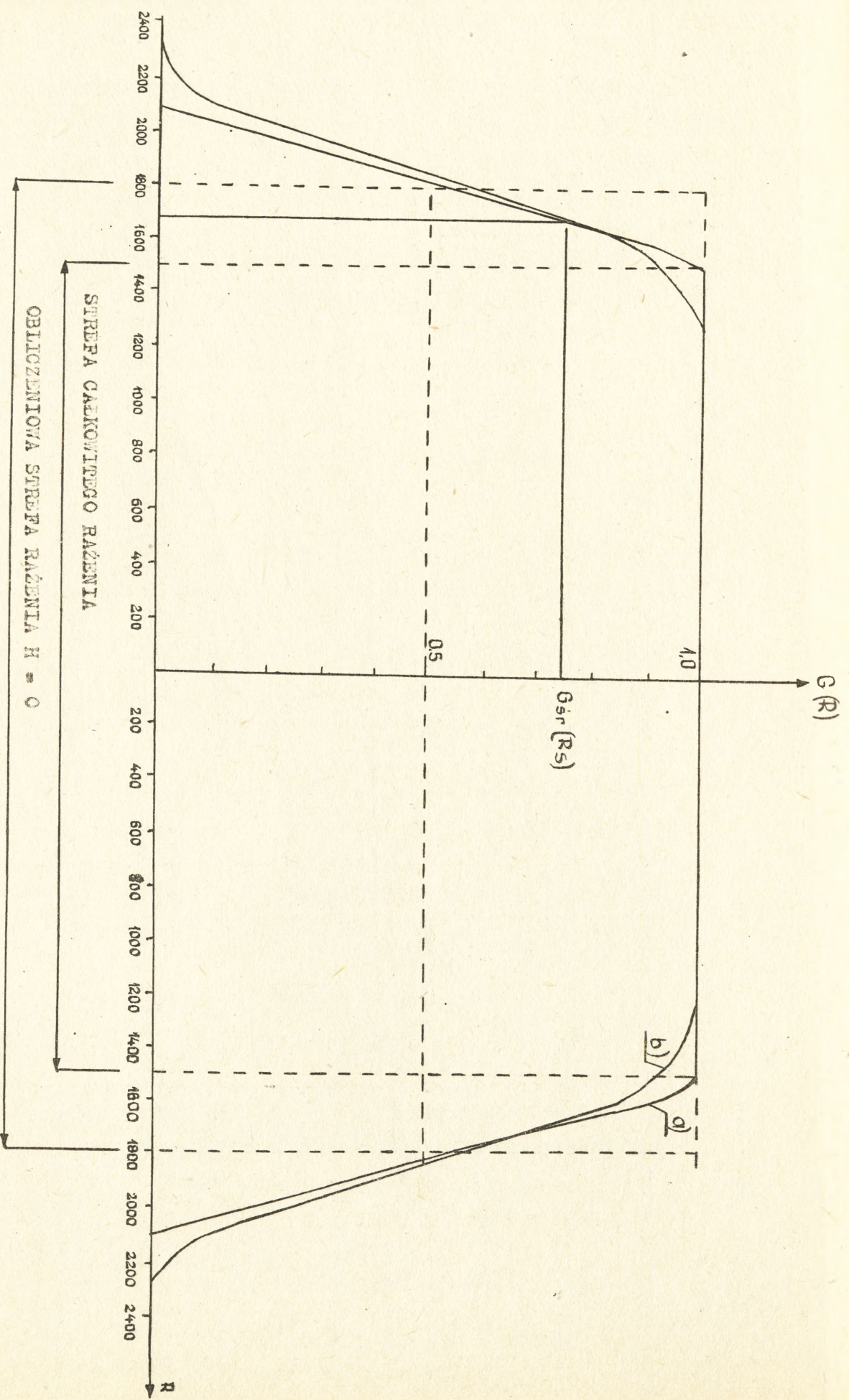
Obliczenie promienia obliczeniowej strefy rażenia siły żywej odkrytej przy powietrznym wybuchu jądrowym o mocy  $q = 30$  KT.

Oddalenie od punktu zerowego $R_i$ [m]	$\frac{R_i}{R_0} = 1 - q_1$ $\cdot q_2 \cdot q_3$	$\frac{G_{st}}{R_i} =$ $\frac{G/R_i + G/R_i}{2}$	Powierzchnia pierścienia $S_1$ [km <sup>2</sup> ]	$S_1 \cdot G_{st} / R_i$ [km <sup>2</sup> ]
300	1	1	0,283	
600	1	1	0,847	4,54
300	1	1	1,430	
1200	1	1	1,980	
1500	0,94	0,97	2,540	2,46
1800	0,54	0,74	3,110	2,30
2100	0,07	0,305	3,680	1,12
2400	0	0,035	4,250	0,15

$\Sigma 10,57$

$$R_s = \sqrt{\frac{10,57}{3,14}} = 1,825 \text{ km}$$

Dla porównania płaszczyznowego prawa rażenia z obliczeniową strefą rażenia sporządzamy wykres.



Rys. 16. PRASZOWYZNOME PRAWO RAZENIA SITY ŻYWED ODJAWIŁEŁ a/ WYBUCH NAZIELNY b/ WYBUCH KOŁOWY

/NADZIEDZIA MATEMATYCZNA STREFY CAŁKOWITEGO RAZENIA/

STREFA CAŁKOWITEGO RAZENIA

OBLICZENIOWA STREFA RAZENIA  $H = 0$

$G_{sr} (R_s)$

$G(R)$

R

Jak wynika z obliczeń, rzeczywiste strefy całkowitego rażenia wybuchu powietrznego i naziemnego znacznie się różnią - podczas wybuchu naziemnego  $R = 1500$  m a podczas wybuchu powietrznego  $R = 1200$  m, natomiast jeśli chodzi o zasięg rażącego działania w ogóle - to przy wybuchu powietrznym jest on większy, a w związku z tym i większy jest też promień obliczeniowej strefy rażenia.

Wnioski powyższe są służące jedynie dla tych warunków, jakie przyjęte zostały w przykładach. W rzeczywistości mogą być różne warunki np. ludzie mogą zajmować różne pozycje /stojące, leżące itp./, każdorazowo mogą być różne warunki atmosferyczne i różne wysokości wybuchów powietrznych a wobec tego i różne będzie rażące działanie wybuchu o tej samej mocy.

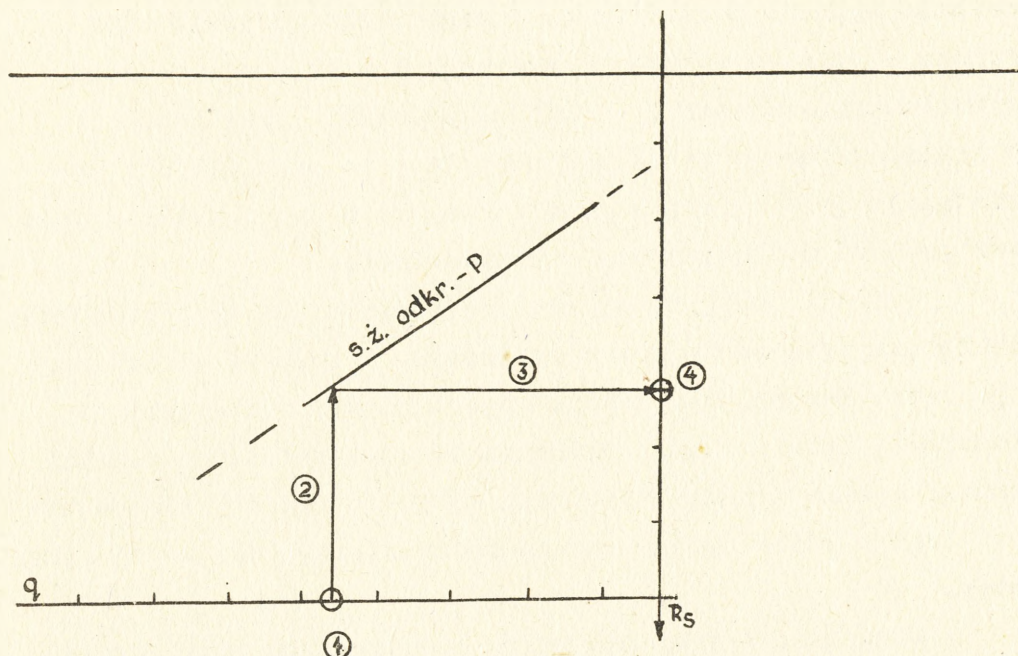
W związku z tym, dla celów praktycznych przyjmowane są pewne wartości wypośredkowane - średnie.

Na podstawie tych średnich wielkości wynika, że rażące działanie na siłę żywą jest znacznie większe podczas wybuchów powietrznych.

Według uśrednionych wielkości sporządzony został wykres oceny skuteczności strzelania. Z wykresu oceny skuteczności strzelania można określać wielkości promieni obliczeniowej strefy rażenia  $R_g$  na podstawie mocy i rodzaju wybuchu do różnych celów. Do tego celu służy lewa dolna część /ćwiartka/ wykresu.

Sposób określania  $R_g$ :

1. na dolnej osi poziomej odszukujemy moc wybuchu;
2. od podziałki, odpowiadającej mocy wybuchu, prowadzimy linię pionową do przecięcia się z linią krzywą, odpowiadającą danemu rodzajowi celu;
3. od przecięcia się tych linii prowadzimy linię poziomą w prawo do przecięcia z osią  $R_g$ ;
4. na osi  $R_g$  otrzymujemy wartość  $R_g$ .



Rys.17 SCHEMAT PRACY PODCZAS OKRESLANIA PROMIENIA OBLICZENIOWEJ STREFY RAŻENIA /R<sub>S</sub>/

Rys.17

III. WYBÓR RODZAJU I WYSOKOŚCI WYBUCHU JĄDROWEGO ORAZ OKREŚLENIE BEZPIECZNEGO ODDALENIA.

1. Wybór rodzaju i wysokości wybuchu.

W zależności od położenia wybuchu względem powierzchni ziemi /wody/ rozróżnia się:

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

Wybuchem powietrznym przyjęto nazywać wybuchy jądrowe w powietrzu, podczas których kula ognista nie dotyka powierzchni ziemi /wody/.

Wybuchem naziemnym nazywamy wybuch jądrowy, który nastąpił bezpośrednio na powierzchni ziemi, a także wybuch w powietrzu na takiej wysokości, przy której kula ognista dotyka ziemi / $H \leq 3,5 \sqrt[3]{q}$ /.

Rażące działanie wybuchów powietrznych i naziemnych różni się niekiedy dość znacznie.

Wyznaczając rodzaj i wysokość wybuchu jądrowego należy mieć na uwadze:

1. bezpieczeństwo wojsk własnych od promieniotwórczego skażenia terenu;
2. jak największą skuteczność strzelania.

Bezpieczeństwo wojsk własnych zależy od:

- mocy wybuchu jądrowego;
- rodzaju i wysokości wybuchu jądrowego;
- odstępu czasu pomiędzy wybuchem jądrowym a czasem podejścia do tego rejonu wojsk własnych;
- przewidywanego czasu przebywania wojsk własnych w rejonie wybuchu jądrowego /dawka napromieniowania powinna być nie większa niż 10 rentgenów/.

Skuteczność strzelania zależy od rodzaju celu i stopnia jego zabezpieczenia przed bronią jądrową.

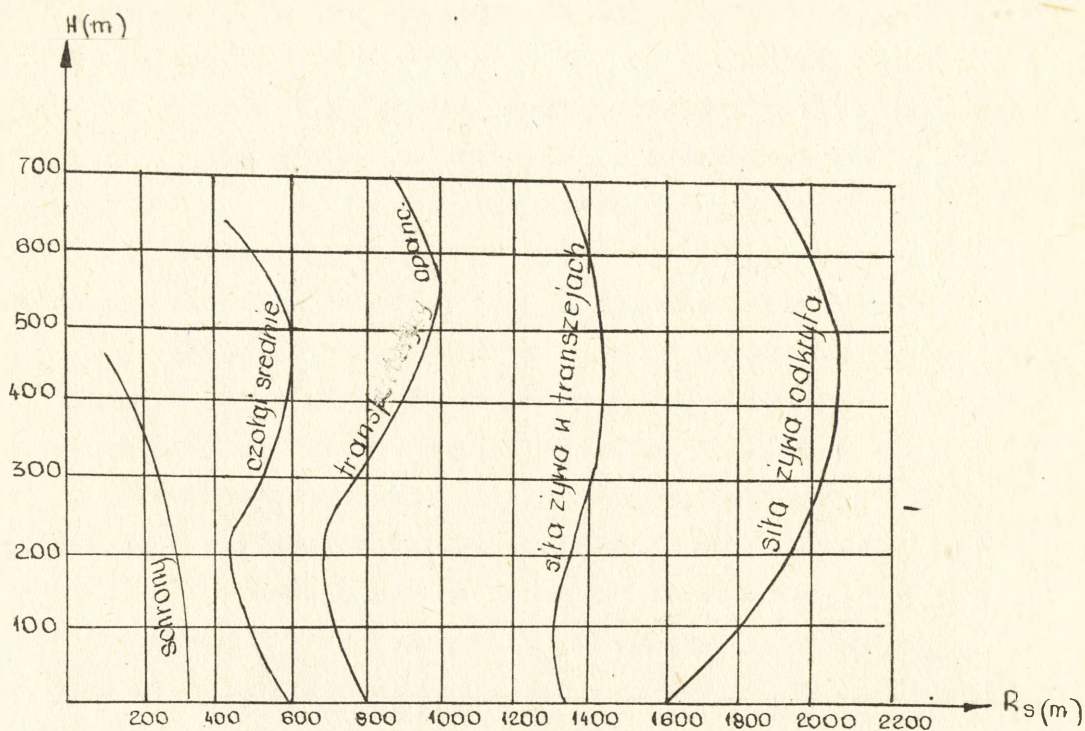
Wybuchy powietrzne, ze względu na charakter ich rażącego działania, stosuje się przede wszystkim do rażenia celów mało odpornych na działanie fali uderzeniowej: siła żywa odkryta, obiekty o średniej wytrzymałości na ciśnienie a także do rażenia dowolnych obiektów w wypadkach skażenia terenu w rejonach wybuchu lub śladu promieniotwórczego obłoku wybuchu jądrowego.

Wybuchy naziemne stosuje się w celu rażenia siły żywej w ukryciach, w celu burzenia obiektów o dużej odporności na działanie fali uderzeniowej oraz w wypadkach gdy dopuszczalne, albo nawet pożądane jest promieniotwórcze skażenie terenu w rejonie wybuchu albo śladu przesuwania się promieniotwórczego obłoku. Wybuchy naziemne stosuje się również do rażenia odkrytej siły żywej i burzenia mało odpornych obiektów gdy pożądane jest radioaktywne skażenie terenu.

W zależności od rodzaju celu, wzrost wysokości wybuchu, do pewnych granic, może powodować wzrost lub zmniejszenie się rażącego działania wybuchu, dlatego też wyznaczając wybuch powietrzny - należy wybrać najskuteczniejszą wysokość wybuchu.

Ponieważ nadciśnienie na czole fali uderzeniowej jest zasadniczym rażącym czynnikiem, wobec tego przy wyznaczaniu

wysokości bierze się pod uwagę wielkość  $\Delta p_f$  i według niej określa się wysokość przy której będzie maksymalny zasięg tego  $\Delta p_f$ .



PRZYBLIŻONY CHARAKTER ZMIENNOŚCI PROMIENI OBLICZENIOWEJ STREFY RAŻENIA WYBUCHU JADROWEGO O MOCY 30 KT W ZALEŻNOŚCI OD WYSOKOŚCI WYBUCHU

Rys.18

Na podstawie obliczeń teoretycznych i doświadczalnie ustalono, że najbardziej skutecznymi wysokościami są:

a/  $H = 20 \sqrt[3]{q}$  podczas strzelania do:

- odkrytej siły żywej;
- siły żywej w transzejach;
- siły żywej w czołgach;
- kierowanych i niekierowanych pocisków rakietowych;
- działa artylerii plot;
- stacje radiolokacyjne i radiostacje;
- samoloty.

Wszystkie wymienione cele są rażone przy nadciśnieniu na czole fali uderzeniowej nieprzekraczającym  $0,8 \text{ kg/cm}^2$ .

b/  $H = 0$  /naziemny/ lub jeżeli sytuacja niepozwala na wykonanie uderzenia naziemnego  $H = 7 \sqrt[3]{q}$  podczas strzelania do celów:

- czołgi średnie, ciężkie i lekkie;
- siła żywa w schronach;
- działa artylerii specjalnej i naziemnej;

Wybuchy na wysokości  $H_W = 20 \sqrt[3]{q}$  przyjęto nazywać wybuchami wysokimi, a wybuchy na wysokości  $H_N = 7 \sqrt[3]{q}$  - wybuchami niskimi.

We wzorach "q" oznacza moc wybuchu wyrażona w tonach /nie w kilotonach/.

## 2. Zapewnienie bezpieczeństwa wojsk własnych podczas wykonywania wybuchów jądrowych.

Zapewnienie bezpieczeństwa wojsk przed rażącym działaniem własnych uderzeń jądrowych polega na:

1. Przestrzeganiu bezpiecznych odległości wojsk własnych od planowanych punktów przygotowania danych.
2. Uwzględnieniu kierunku i szybkości wiatru podczas planowania naziemnych wybuchów jądrowych i przestrzeganiu bezpiecznych odległości.
3. Terminowym powiadamianiu wojsk o wykonywanych wybuchach jądrowych.

Pierwsze dwa przedsięwzięcia sprowadzają się w zasadzie do określenia bezpiecznej odległości  $/L_b/$ .

### Określenie bezpiecznej odległości.

Bezpieczną odległością  $/L_b/$  nazywa się odległość od planowanego punktu przygotowania danych, przy której zapewnione jest bezpieczeństwo własnych wojsk od rażącego działania wybuchu jądrowego.

### a/ Powietrzne wybuchy jądrowe.

Odległość bezpieczną przy powietrznych wybuchach jądrowych wyznacza się na podstawie wielkości nadciśnienia na czole fali uderzeniowej.

Za bezpieczną dla ludzi wielkość nadciśnienia uważa się  $\Delta p_f$  nieprzekraczające:

- dla siły żywej odkrytej  $0,1 \text{ kg/cm}^2$
- dla siły żywej w transzejach  $0,12 \text{ kg/cm}^2$

Promienie bezpieczeństwa  $/R_b$  w km/

Moc wybuchu	3 KT	10 KT	20 KT	40 KT
Siła żywa odkryta	1,8	2,6	3,3	4,2
Siła żywa w transzejach	1,6	2,4	3,0	3,8
Siła żywa w czołgach	1,2	1,7	2,2	2,8
Siła żywa w schronach typu polowego	0,9	1,3	1,7	2,1

Wielkość promienia bezpieczeństwa dla sił żywych odkrytych i w transzejach można określić z wykresu oceny skuteczności strzelania, wykorzystując dwie najniższej położone linie w lewej dolnej "ćwiartce" oznaczone 1 dla sił żywych odkrytych i 2 dla sił żywych w transzejach. Sposób określenia taki sam jak określa się promień obliczeniowej strefy rażenia. W tym wypadku  $R_s$  przyjmuje się jako  $R_b$ .

Jeśli własne wojska znajdują się w czołgach lub schronach, określone z wykresu  $R_b$  dla siły żywej odkrytej przemnaża się przez współczynnik.

Współczynniki do przeliczania  $R_b$  siły żywej odkrytej na  $R_b$  siły żywej znajdującej się w dowolnych ukryciach.

Rodzaje ukryć	Współczynnik
transzeje	0,91
czołgi	0,67
schrony typu polowego	0,50
schrony typu ciężkiego	0,33

Pamiętać również należy, że wskutek rozrzutu i błędów przygotowania danych może nastąpić duże uchylenie wybuchu od planowanego punktu przygotowania danych i dlatego określając bezpieczną odległość należy oprócz promienia bezpieczeństwa uwzględniać i maksymalną wielkość uchylenia wybuchu od planowanego punktu przygotowania danych w głąb tzn.  $4 U_g$

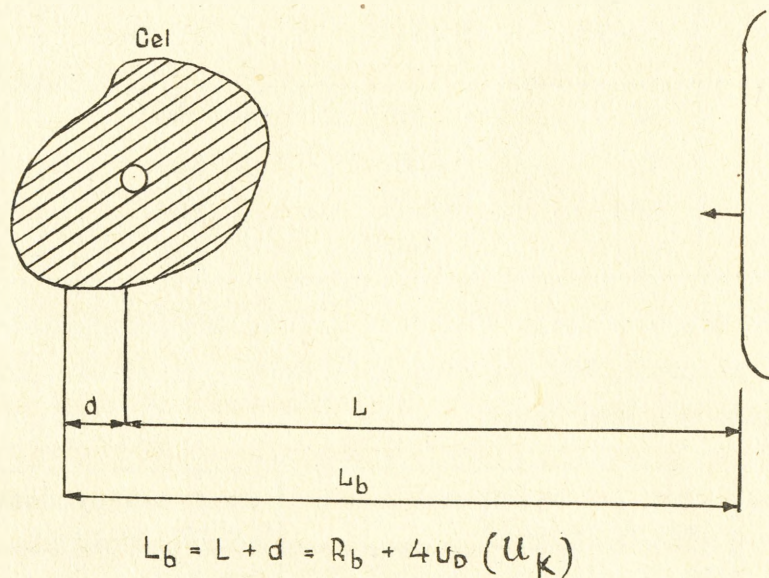
$$L_b = R_b + 4 U_D / U_K /$$

W wypadku gdy płaszczyzna strzelania jest równoległa do frontu własnych wojsk przyjmuje się uchylenia w szerz / $U_s$ /. Dla jednolitości oznaczenia w dalszej części skryptu uchylenia środkowe będą oznaczone:

$$\begin{aligned} - \text{ w donośności} - U_D &= \sqrt{E_D^2 + U_g^2} \\ - \text{ w kierunku} - U_K &= \sqrt{E_K^2 + U_s^2} \end{aligned}$$

Wielkości poszczególnych uchyień środkowych podane są w tabelach strzelniczych.

W wypadku gdy wymagana bezpieczna odległość jest większa od rzeczywistej odległości własnych wojsk od planowanego punktu przygotowania / $L$ /, zamienia się albo moc wybuchu jądrowego, albo przesuwają planowany punkt przygotowania danych na bezpieczną odległość / $L_b$ /.



BEZPIECZNA ODLEGŁOŚĆ / $L_b$ /

Rys. 19

W praktyce mogą być rozwiązywane trzy rodzaje zadań:

1. Określenie bezpiecznej odległości  $L_b = R_b + 4 U_D$ ;
2. Określenie bezpiecznej mocy wybuchu jądrowego  $q_b$ ;
3. Określenie wielkości przesunięcia punktu przygotowania danych  $d = L_b - L$ .

b/ Naziemne wybuchy jądrowe.

Odległość bezpieczną przy naziemnych wybuchach jądrowych oznacza się na podstawie wielkości zarówno nadciśnienia na czole fali uderzeniowej jak i natężenia promieniowania od promieniotwórczego skażenia.

Natężenie promieniowania w rejonie wojsk własnych po opadnięciu pyłu radioaktywnego nie powinno przekraczać 0,5 r/godz.

Poniższe tabele zawierają bezpieczne odległości obliczone dla różnych warunków.

Bezpieczna odległość wojsk własnych od punktów przygotowania danych wybuchów naziemnych /w km/:

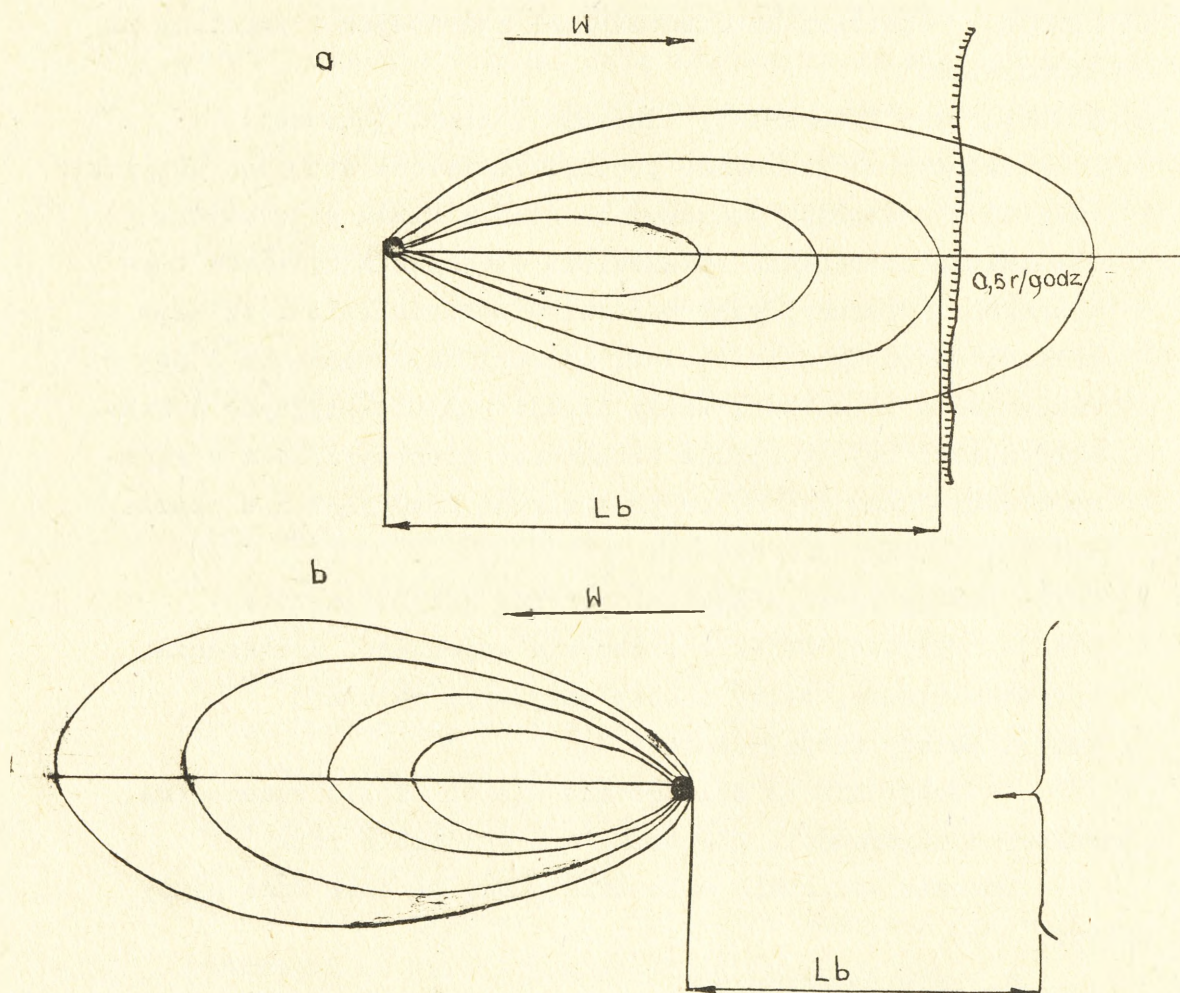
a/ Przy kierunku średniego wiatru w stronę wojsk własnych.

Moc wybuchu $q$ /w KT/	Średnia szybkość wiatru /w km/godz./			
	20-30	40-50	60-80	100 i więcej
3	50	70	80	100
10	75	100	120	150
20	100	120	160	200
40	120	160	200	240

b/ Przy kierunku średniego wiatru w stronę nieprzyjaciela  
 • tempie natarcia 100 km/dobę przy dawce promieniowania  
 5 rentgenów w ciągu doby.

Moc wybuchu $q$ /w KT/	Przy 1-2 wybuchach w jednym rejonie			Przy 3-5 wybuchach w jednym rejonie		
	20-40	50	60-120	20-40	50	60-120
13	20	30	50	30	50	80
10	50	80	120	80	120	180
20-40	60	100	150	100	150	230

Wyszczególnione w tabeli 14 wielkości są odległościami bezpiecznymi i nie należy ich powiększać o  $4 U_D$ .



BEZPIECZNA ODLEGŁOŚĆ PODCZAS NAZIEMNYCH WYBUCHÓW JADROWYCH

Rys. 20

#### IV. OCENA SKUTECZNOŚCI STRZELANIA.

##### 1. Klasyfikacja celów do oceny skuteczności strzelania.

Najbardziej charakterystycznymi obiektami dla rakiet z ładunkiem jądrowym są:

1. Oddziały i pododdziały kierowanych i niekierowanych pocisków raketowych na stanowiskach stratowych, w rejonach ześrodkowania, wyczekiwania, w miejscach wyładowania /załadowania/ i podczas marszu.
2. Samoloty - pociski na stanowiskach startowych i samoloty na lotniskach.
3. Składy, bazy i warsztaty elaboracji broni jądrowej.
4. Przeciwlotnicze kierowane pociski raketowe a przede wszystkim rakiety z ładunkiem jądrowym na stanowiskach startowych.
5. Stanowiska dowodzenia /stanowiska dowodzenia związków taktycznych i operacyjnych/, ośrodki współdziałania oddziałów rakiet, piechoty i lotnictwa, ośrodki naprowadzania i powiadamiania lotnictwa, węzły stacji radiolokacyjnych i inne.
6. Siły żywe i bojowy sprzęt techniczny nieprzyjaciela w rejonach ześrodkowania, na przygotowanych pozycjach i w czasie marszu, a zwłaszcza czołgi.
7. Ważne punkty oporu w systemie obrony nieprzyjaciela.
8. Stacje kolejowe, obiekty przemysłu wojennego, urządzenia hydrotechniczne, porty i bazy marynarki wojennej.
9. Bazy i składy zaopatrzenia.

Wszystkie te cele różnią się od siebie rozmiarami, charakterem odporności, głębokością urzutowania itp.

Umownie wszystkie cele dzieli się na dwie duże grupy celów:

1. cele pojedyncze;
2. cele grupowe.

Do celów pojedynczych zalicza się te cele, które w rezultacie wybuchu jądrowego są rażone całkowicie, lub wcale nie są rażone. W tego rodzaju celach rażenie chociażby części celu powoduje pełną utratę zdolności bojowej. Cele pojedyncze zajmują powierzchnię bardzo małą w porównaniu z powierzchnią strefy rażenia wybuchu jądrowego i sumarycznymi uchyleniami wybuchu od celu. Przykładem takich celów jest kierowany pocisk raketowy "Corporal" na stanowisku startowym, punkt

kierowania kierowanymi pociskami raketowymi "Corporal".

Każdy pojedynczy cel składa się, o czym była już mowa w poprzednim rozdziale, z kilku elementów, lub z kilku elementarnych celów. Chociaż cele te składają się z kilku elementów można zawsze wyodrębnić jeden lub kilka zasadniczych elementów np. w kierowanych pociskach raketowych: pocisk, wyrzutnia i 50% obsługi, na punkcie kierowania kierowanymi pociskami raketowymi - jedna stacja radiolokacyjna i 50% obsługi.

Wyliczone płaszczyznowe prawa rażenia i obliczeniowe strefy rażenia uwzględniają właśnie te zasadnicze elementy.

Do celów grupowych należą te cele, które w rezultacie wybuchu jądrowego mogą być rażone całkowicie, częściowo lub wcale nie rażone. Cele grupowe składają się z dużej ilości elementarnych celów /ludzie, samochody, czołgi i inne/. Cele grupowe zęajądują stosunkowo dużą powierzchnię. Przykładem tego typu są: zgrupowania wojsk i sprzętu technicznego w rejonach ześrodkowania, w rejonach /węzłach/ obrony, środki napadu jądrowego nieprzyjaciela w rejonach ześrodkowania itp.

Rozmieszczenie i skład celów elementarnych na powierzchni celu grupowego jest z reguły nieznanymi. Dlatego, we wszystkich tych wypadkach przyjmuje się, że cele elementarne na całej powierzchni celu grupowego rozmieszczone są równomiernie. Założenie takie pozwala porównywać procent rażonych celów do procentu rażonej powierzchni. O założeniu powyższym należy pamiętać, ponieważ skuteczność strzelania do celów grupowych będziemy oceniać na podstawie wielkości /procentu/ rażonej powierzchni celu grupowego.

Cele grupowe, ze względu na rozmiary /kształt/ powierzchni na której się znajdują dzielimy na:

- a/ powierzchniowe - stosunek szerokości do głębokości <sup>jest</sup> mniejszy jak 3 : 1.
- b/ liniowe - stosunek szerokości do głębokości jest większy jak 3 : 1.

Oprócz celów pojedynczych i grupowych występują również cele składające się z 2-3 celów pojedynczych jak na przykład środki napadu jądrowego nieprzyjaciela. Tego rodzaju cele należy uważać za zniszczone jeżeli pojedyncze cele, decydujące o zdolności bojowej danego celu będą zniszczone.

## 2. Wskaźniki skuteczności strzelania.

Skuteczność strzelania /wybuchu jądrowego/ zależy od szeregu czynników. Zasadniczymi, decydującymi o skuteczności strzelania są:

- rodzaj i charakter celu;
- stopień odporności celu na rażące działanie wybuchu jądrowego;
- wymiary /wielkość powierzchni/ celu;
- moc wybuchu jądrowego;
- wielkość uchylenia się wybuchu od celu /środku celu/.

Ponieważ wielkość uchylenia wybuchu od celu jest przypadkowa to i skuteczność strzelania będzie też zdarzeniem przypadkowym, czyli skuteczność strzelania można zawczasu ocenić tylko na podstawie teorii prawdopodobieństwa.

Opierając się na teorii prawdopodobieństwa można zawczasu liczbowo scharakteryzować prawdopodobny rezultat strzelania. Te liczbowe charakterystyki, mówiące o prawdopodobnym rezultacie strzelania, przyjęto nazywać "wskaźnikami skuteczności".

Stosowane w teorii prawdopodobieństwa wskaźniki skuteczności strzelania można podzielić na trzy grupy:

- wskaźniki pewności zadania celowi określonych strat;
- wskaźniki średnich oczekiwanych strat;
- wskaźniki ekonomiczności /opłacalności/ strzelania.

Straty zadane celowi wyraża się liczbowo, częścią lub procentem rażonych elementów celów, a jeżeli cel składa się z jednorodnych celów elementarnych, rozmieszczonych równomiernie na całej powierzchni - straty wyraża się w postaci rażonej części powierzchni celu.

W zależności od charakteru celu i zadania ogniowego za wskaźniki pewności strzelania raketami z ładunkiem jądrowym przyjmuje się:

- prawdopodobieństwo trafienia rakiety w cel /obliczeniowe wymiary celu/;
- prawdopodobieństwo rażenia celu;
- prawdopodobieństwo rażenia wymaganej części celu itp.

Jako wskaźniki średnich oczekiwanych strat wykorzystuje się:

- nadzieję matematyczną ilości /części, procentu/ rażonej powierzchni celu;
- nadzieję matematyczną wielkości /części, procentu/ rażonej powierzchni celu.

Wskaźniki ekonomiczności /opłacalności/ strzelania charakteryzują ekonomiczność zużycia rakiet, moc ładunków jądrowych podczas wykonywania jednego lub drugiego zadania ogniowego.

Podczas strzelania do celów pojedynczych mogą zaistnieć dwa zdarzenia /dwa wyniki strzelania/ tzn, albo cel będzie rażony, albo cel nie będzie rażony. Jeżeli istnieją dwie możliwości, to zaistnienie każdej z nich ma ściśle określone szanse czyli odpowiada im określone prawdopodobieństwo.

Nas interesuje rażenie celu, a więc o możliwości rażenia celu będzie mówić prawdopodobieństwo rażenia celu. Prawdopodobieństwo rażenia celu jest zasadniczym i praktycznie jedynym wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów pojedynczych.

Prawdopodobieństwo rażenia /P/ mówi w ilu wypadkach na 100, przy dużej ilości strzelań cel będzie rażony.

Podczas strzelania do celów grupowych mogą istnieć zasadniczo również tylko dwa wypadki tzn. cel będzie rażony lub cel nie będzie rażony, jednak w odniesieniu do celów grupowych pojęcie "cel rażony" nie oznacza całkowitego rażenia celu. Cel grupowy, w zależności od wielkości rażonej części może być zniszczony lub obezwładniony lub może ponieść tak małe straty, że praktycznie zachowa on zdolność bojową.

Ponieważ cele grupowe mają stosunkowo dużą powierzchnię więc zawsze jakaś część tej powierzchni będzie rażona, a jeżeli tak to interesować nas będzie:

- jaka część celu na pewno będzie rażona;
- jaka część celu w średnich warunkach będzie rażona;
- jaka największa część celu może być rażona i jakie jest prawdopodobieństwo maksymalnego rażenia.

Na pytania te odpowiadają:

- pewnie rażona część powierzchni celu "So";
- nadzieja matematyczna rażonej części powierzchni celu "M";
- maksymalnie rażona część powierzchni celu " $S_{\max}$ " i prawdopodobieństwo uzyskania maksymalnie rażonej części celu " $P_{\max}$ ".

Wymienione wyżej cztery odpowiedzi, wyrażone cyfrowo, stanowią pełną charakterystykę skuteczności strzelania i są w związku z tym wskaźnikami skuteczności strzelania do celów grupowych.

Pewnie rażona część <sup>celu</sup> /So/ jest to taka część powierzchni celu, której prawdopodobieństwo rażenia jest nie mniejsze niż 90%.

Pewnie rażona część celu /So/ jest zasadniczym wskaźnikiem skuteczności strzelania, ponieważ mówi o tym, że w 90 wypadkach na 100, przy dużej ilości strzelań, będzie rażona nie mniejsza część celu niż "So". Ten wskaźnik skuteczności strzelania przyjmuje się za podstawę przy określaniu mocy wybuchu jądrowego.

Nadzieja matematyczna rażonej części celu /M// jest to średnia oczekiwana wielkość rażonej części powierzchni celu. Nadzieja matematyczna mówi, że w wyniku dużej ilości strzelań średnio na jedno strzelanie przypadać będzie taka właśnie rażona część celu powierzchniowego. Nadzieja matematyczna rażonej części celu przy jednym wybuchu nie może być traktowana jako zasadniczy wskaźnik, ponieważ jest to wartość średnia i może się ona różnić nawet bardzo znacznie od rzeczywistego wyniku. Przy większej ilości wybuchów jądrowych /co najmniej pięć/ nadzieję matematyczną można przyjmować jako jeden z zasadniczych wskaźników, ponieważ nadzieja matematyczna przy dużej ilości doświadczeń zbliża się do prawdopodobieństwa.

Maksymalnie rażona część celu  $S_{\max}$  jest to największa rażona część powierzchni celu, możliwa przy wybuchu o danej mocy. Maksymalnie rażona część celu mówi jaki może być maksymalny rezultat wybuchu jądrowego, tzn, gdy wybuch nastąpi w ściśle określonym miejscu lub rejonie.

Ponieważ położenie wybuchu, wskutek błędów przygotowania danych i rozrz<sup>u</sup>tu, może być różne wobec tego konieczne jest jednoczesne określenie prawdopodobieństwa wystąpienia wybuchu w tym właśnie miejscu lub rejonie.

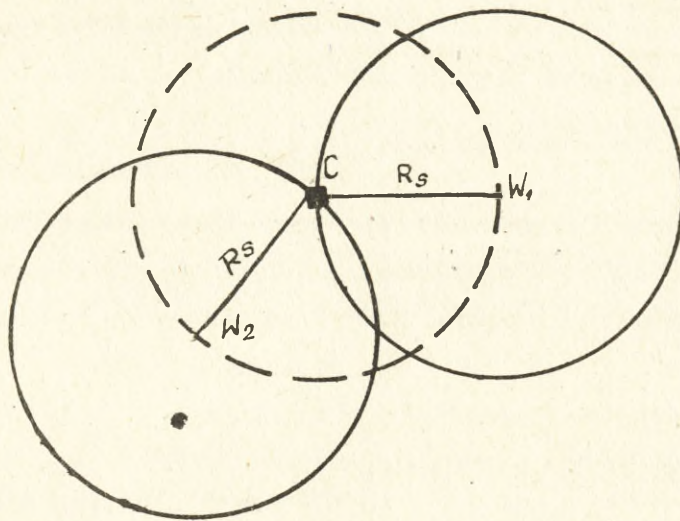
Wymagane wielkości zasadniczych wskaźników skuteczności.

Rodzaj celu i wymagany wynik	Wielkości zasadniczego wskaźnika skuteczności
Cele pojedyncze	
- zniszczenie	$P = 90\%$
Cele grupowe	
- zniszczenie	$S_o = 40\%$ przy $P_{S_o} = 90\%$
- obezwładnienie	$S_o = 20\%$ przy $P_{S_o} = 90\%$
Srodki napadu jądrowego	
- cele pojedyncze	$P = 90\%$
- cele grupowe /dyon/:	
a/ na SS	$S_o = 80\%$ przy $P_{S_o} = 90\%$
b/ w rejonie ześrodkowania	$S_o = 40\%$ przy $P_{S_o} = 90\%$

### 3. Ocena skuteczności strzelania do celów pojedynczych

Podczas strzelania do celów pojedynczych zasadniczym wskaźnikiem skuteczności strzelania jest prawdopodobieństwo rażenia celu.

Cel pojedynczy może być rażony wówczas, gdy wybuch nastąpi w odległości nie większej niż promień rażenia tzn, w granicach okręgu o promieniu równym promieniowi rażenia. Dla uproszczenia można przyjąć, że za promień rażenia będziemy przyjmować promień obliczeniowej strefy rażenia  $R_s$ .



Rys.21

Z rysunku wynika, że cel będzie rażony zawsze w tych wypadkach gdy uchylenie wybuchu od celu będzie nie większe od  $R_s$ . Można więc powierzchnię obliczeniowej strefy rażenia uważać za obliczeniową powierzchnię celu a prawdopodobieństwo trafienia w obliczeniową powierzchnię celu pojedynczego.

Prawdopodobieństwo trafienia przy tym założeniu zależy tylko od wielkości sumarycznych błędów /błędów wystrzału/.

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

$$U_K = \sqrt{E_K^2 + U_g^2}$$

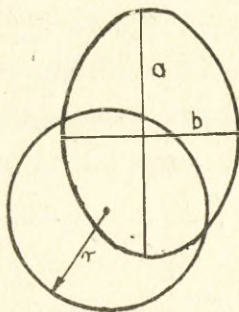
$U_D, U_K$  - błędy wystrzału w donośności i w kierunku;

$E_D, E_K$  - błędy przygotowania danych w donośności i w kierunku;

$U_g, U_s$  - rozrzut w głąb i wszerz.

Podczas strzelania rakietami błędy wystrzału podlegają prawu eliptycznemu tzn.  $U_D \neq U_K$ , a wobec tego prawdopodobieństwo rażenia celu pojedynczego określać będziemy jako prawdopodobieństwo trafienia w okrąg o promieniu  $R_s$  przy eliptycznym rozrzucie. Do tego celu służy "tabela wartości

prawdopodobieństwa trafienia w okrąg o promieniu  $r$  przy eliptycznym prawie rozrzutu, gdy środek okręgu pokrywa się ze środkiem elipsy rozrzutu z półosiami "a i b".



POŁOŻENIE JEDNOSTKOWEJ ELIPSY ROZRZUTU I OKRĘGU W WYPADKU NIEPOKRYWANIA SIĘ ICH ŚRODKÓW

Rys. 22

Jeśli środki okręgu i elipsy rozrzutu nie pokrywają się tzn. punkt przygotowania danych znajduje się w pewnym oddaleniu od celu, <sup>to</sup> dla takiego wypadku brak jest tabel wartości prawdopodobieństw trafienia. Jest natomiast tabela wartości prawdopodobieństw trafienia w okrąg przy rozrzucie kołowym w wypadku niepokrywania się środków - "tabela prawdopodobieństwa trafienia w okrąg o promieniu  $r$  przy kołowym prawie rozrzutu, gdy środek okręgu, charakteryzującego rozrzut przesunięty jest względem okręgu o promieniu  $r$  o wielkość  $d$ ".

Rozwiązując zadanie tego typu należy uprzednio zamienić eliptyczne prawo rozrzutu charakteryzujące się wielkościami  $U_D$  i  $U_K$  na równoznaczne kołowe prawo rozrzutu, charakteryzujące się wielkością  $U$ . Zamianę z dostateczną dokładnością dokonuje się według jednego z poniższych wzorów:

$$U = \sqrt{\frac{U_D + U_K^2}{2}} \quad \text{sub} \quad U = \sqrt{\frac{U_D + U_K}{2}}$$

Ze względów praktycznych /mimo pewnych niedokładności/ przyjmuje się tę metodę zamieniania rozrzutu eliptycznego na równoznaczny rozrzut kołowy.

W rzeczywistości, co było już wyjaśnione przy prawach rażenia, rażące działanie pojedynczego wybuchu jądrowego nie

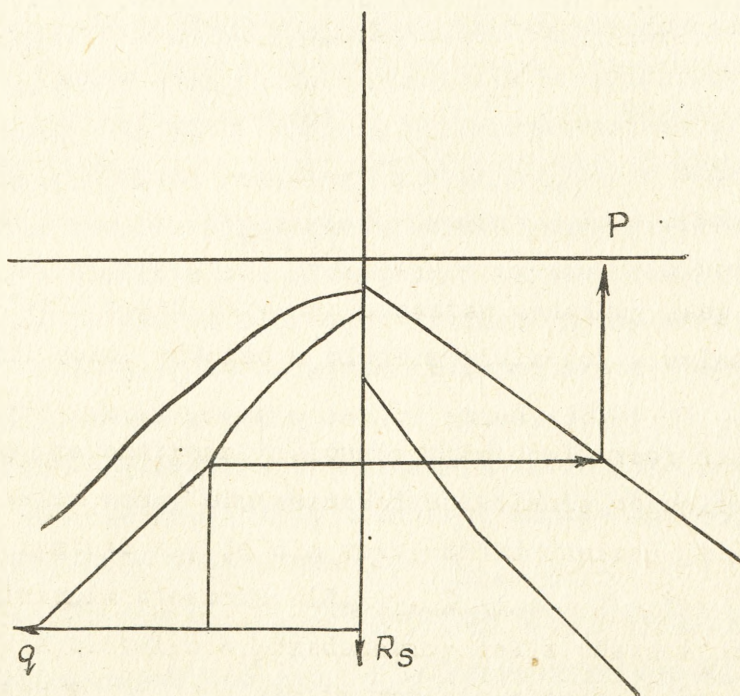
można charakteryzować promieniem obliczeniowej strefy rażenia, lecz rzeczywistym prawem rażenia tzn, płaszczyznowym prawem rażenia. Dlatego też, określając prawdopodobieństwo rażenia celu pojedynczego należy uwzględnić dwa prawdopodobieństwa /prawa/:

- a/ prawdopodobieństwo rażenia celu w zależności od wielkości uchylenia się wybuchu od celu -  $G/R/$ .
- b/ prawdopodobieństwo wystąpienia danego uchylenia -  $p/x, z/$ .

W przybliżony sposób prawdopodobieństwo rażenia można obliczyć według wzoru:

$$P = \sum_{-4U_D}^{+4U_D} \sum_{-4U_K}^{+4U_K} G/R/ \cdot P/x,z/$$

Praktycznie zadanie - określenie prawdopodobieństwa rażenia celu pojedynczego - rozwiązuje się za pomocą wykresu do oceny skuteczności strzelania według poniższego schematu:



W tym celu należy znać:

- moc ładunku jądrowego w KT;
- rodzaj celu /zasadniczy element danego celu/;
- rodzaj rakiety i odległość strzelania;
- położenie punktu przygotowania danych względem celu.

Moc ładunku jądrowego uwidocznioma jest w dole lewej dolnej "ćwiartki" wykresu.

Rodzaje celów scharakteryzowane są w postaci krzywych promieni rażenia w lewej dolnej części wykresu i opisane odpowiednimi skrótami.

Rodzaj rakiety i odległość strzelania przedstawione są w postaci linii prostych i łamanych w prawej dolnej części wykresu. Linie te opisane są w kilometrach a wartości odpowiadają wielkościom promieni okręgów przy różnych odległościach strzelania, w które prawdopodobieństwo trafienia wynosi 90% /w przybliżeniu odpowiada to 3,2 U/. W celu ułatwienia posługiwania się wykresam, naniesione są skale pomocnicze szyfrowanymi odległościami strzelania dla rakiet taktycznych /"B"/ i operacyjnych /"A"/. Dla rakiety taktycznej na skalach pomocniczych "E" poszczególne cyfry odpowiadają odległościom strzelania:

- 1 - 10 km            jeden typ zapalnika
- 2 - 15 km
- 2 - 15 km
- 3 - 20 km            drugi typ zapalnika
- 4 - 25 km
- 5 - 30 km
- 6 - 32 km

Dla rakiety operacyjnej na skalach pomocniczych /"A"/ poszczególne cyfry odpowiadają odległościom strzelania:

- 1 - 60 km
- 2 - 100 km
- 3 - 150 km
- 4 - 200 km

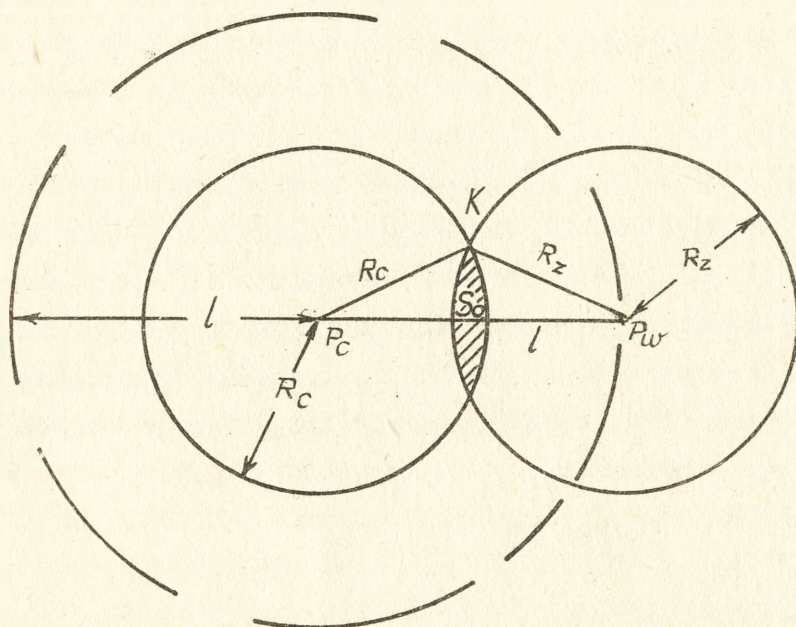
#### 4. Ocena skuteczności strzelania do celów grupowych /powierzchniowych/.

Podstawowym wskaźnikiem skuteczności strzelania do celów powierzchniowych jest pewnie rażona część powierzchni celu - So.

a/ Obliczenie pewnie rażonej części powierzchni celu przy wykorzystaniu płaszczyznowego prawa rażenia daje ten sam rezultat co i obliczenia przy wykorzystaniu obliczeniowej strefy rażenia. Dlatego przy obliczeniu pewnie rażonej części powierzchni celu posługujemy się następującym wzorem:

$$S_0 = \left[ \frac{\pi}{180} / R_c \arcsin \frac{2B}{R_c \cdot l} + R_z \arcsin \frac{2B}{R_z \cdot l} - 2B \right] S_c \frac{100\%}{S_c}$$

gdzie: B - powierzchnia trójkąta  $P_c, P_w, K$

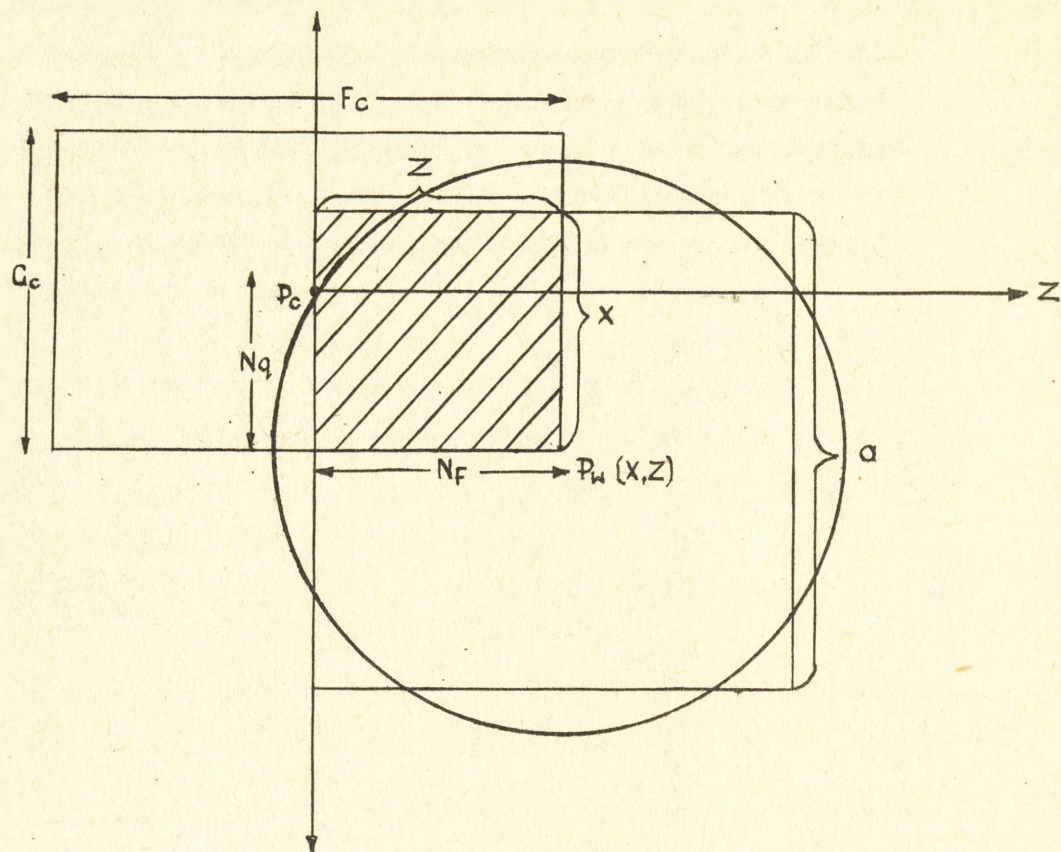


Rys.24

Jeśli punkt określenia nastaw oddalony jest od środka powierzchni celu, wówczas w miejsce wielkości L należy podstawić wielkość  $L_d$ .

b/ Nadziej<sup>o</sup> matematyczne rażonej części celu jest dodatkowym wskaźnikiem oceny skuteczności strzelania do celów grupowych i wykorzystuje się ją dla oceny kilku uderzeń jądrowych oraz do obliczenia stosunku sił.

Dla ułatwienia przedstawimy cel w postaci prostokąta o rozmiarach  $F_c$  i  $G_c$  a strefę rażenia w postaci kwadratu o boku a.



Rys.25

Z powyższego rysunku wynika, że porażoną część celu obliczyć można przy pomocy wzoru.

$$M = N_F \cdot N_g$$

Ponieważ nadzieja matematyczna rażonej części celu zależna jest od przypadkowo porażonej części celu i od prawdopodobieństwa wystąpienia danego wypadku, to obliczyć ją można ze wzoru:

$$M = \sum_{-4U_D}^{+U_D} \sum_{-4U_K}^{+4U_K} N \cdot p / x, z /$$

gdzie:

$N$  - średnia wielkość rażonej części powierzchni celu przy położeniu punktu wybuchu w punkcie  $/x, z/$ .

$p /x, z/$  - prawdopodobieństwo położenia punktu wybuchu w punkcie  $x, z$ .

c/ Maksymalnie rażona część celu -  $S_{\max}$  jest dodatkowym wskaźnikiem skuteczności strzelania, który mówi jaka maksymalna część celu może być porażona jeśli wybuch nastąpi w ściśle określonym miejscu lub rejonie. Ponieważ położenie wybuchu wskutek błędów przygotowania danych i rozrzutu może być różne, wobec tego konieczne jest jednoznaczne określenie prawdopodobieństwa wystąpienia wybuchu w tym właśnie miejscu lub rejonie.

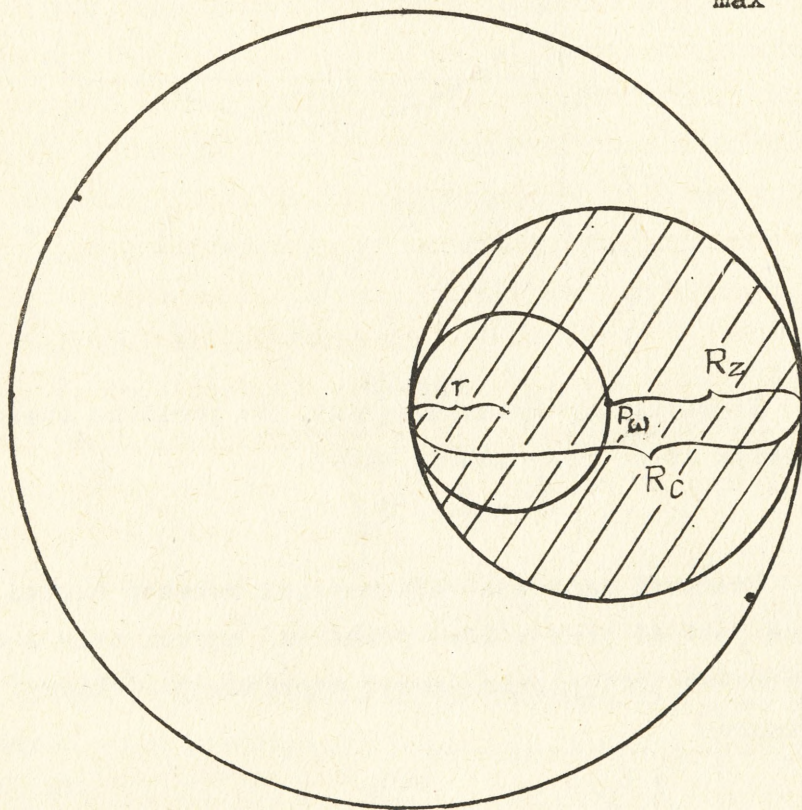
Maksymalnie rażoną część celu otrzymamy wówczas jeżeli strefa rażenia nie wyjdzie poza przedziały celu.

a/

$$S_{\max} = \frac{\pi R_z}{\pi R_c} \quad 100\%$$

lub

$$S_{\max} = \frac{S_z}{S_c} \quad 100\%$$

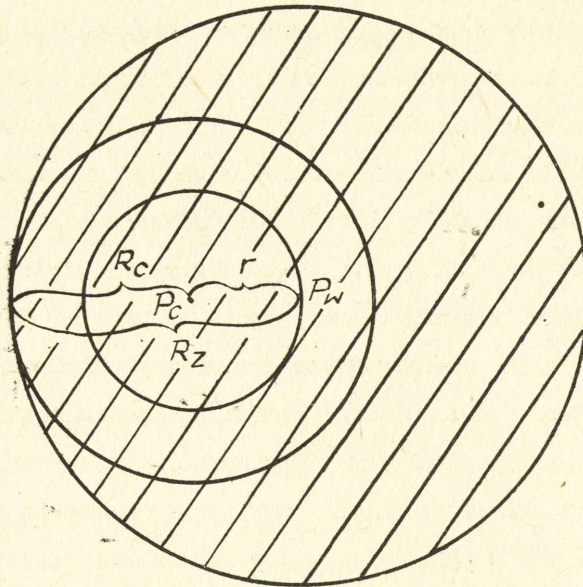


Rys.26.

Jeżeli  $R_c > R_z$  to prawdopodobieństwo  $S_{\max}$  jest równe prawdopodobieństwu otrzymania wybuchu a okręgu

$$r = R_c - R_z$$

b)



Rys.27

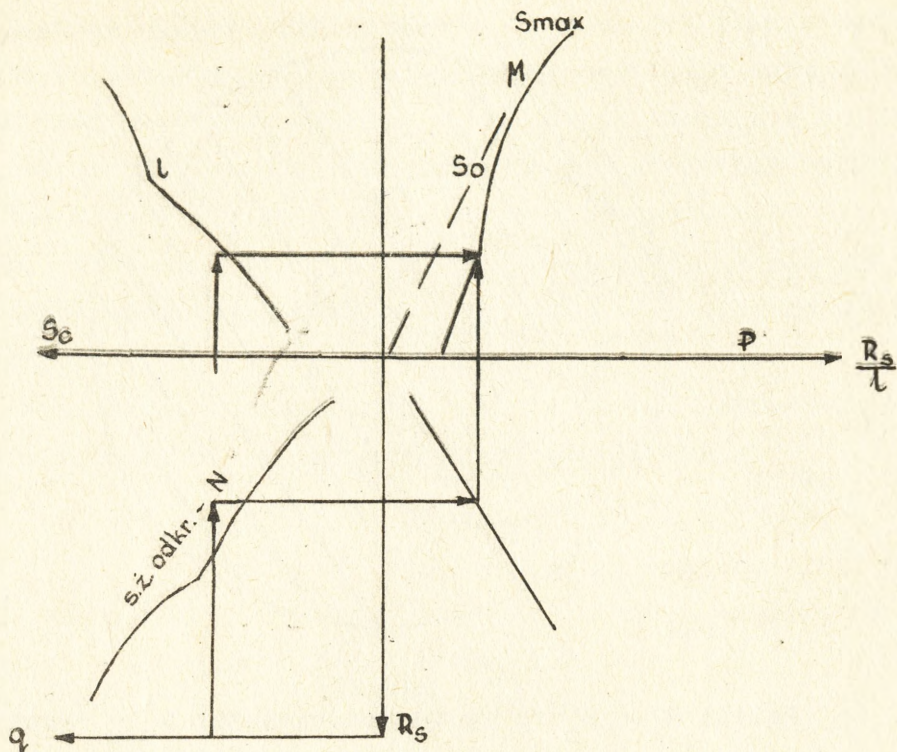
Jeżeli  $R_c < R_z$  to prawdopodobieństwo  $S_{\max}$  jest równe prawdopodobieństwom otrzymania wybuchu w okręgu  $r = R_z - R_c$ .

Z powyższych rysunków wynika, że  $S_{\max}$  uzyskujemy wówczas gdy wybuch nastąpi w najkorzystniejszym dla nas miejscu.

Praktycznie ocenę skuteczności strzelania do celów grupowych /powierzchniowych/ przeprowadza się przy pomocy wykresu do oceny skuteczności strzelania.

W tym celu należy ~~znac~~:

- moc ładunku jądrowego w KT i rodzaj wybuchu;
- rodzaj celu /zasadniczy element danego celu/;
- rodzaj rakiety i odległość strzelania;
- położenie punktu przygotowania danych względem celu;
- powierzchnię celu.



Rys.28

Schemat posługiwania się wykresem przy ocenie skuteczności strzelania do celów powierzchniowych.

Mając w/w dane posługujemy się wykresem według powyżej podanego schematu.

5. Określenie ilości ładunków jądrowych odpowiadających wymaganej mocy.

W wypadku konieczności wykonania zadania kilkoma rakietami o mniejszej mocy jak wymagana, postępujemy w następujący sposób.

Ładunek jądrowy o wymaganej mocy  $q_n$  zamienia się z takim wyliczeniem aby odpowiadająca mu powierzchnia rażenia  $S_n$  równała się sumie powierzchni rażenia posiadanych ładunków.

$$S_n = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

$$R_{sn} = \sqrt{R_{s1}^2 + R_{s2}^2 + \dots + R_{sn}^2}$$

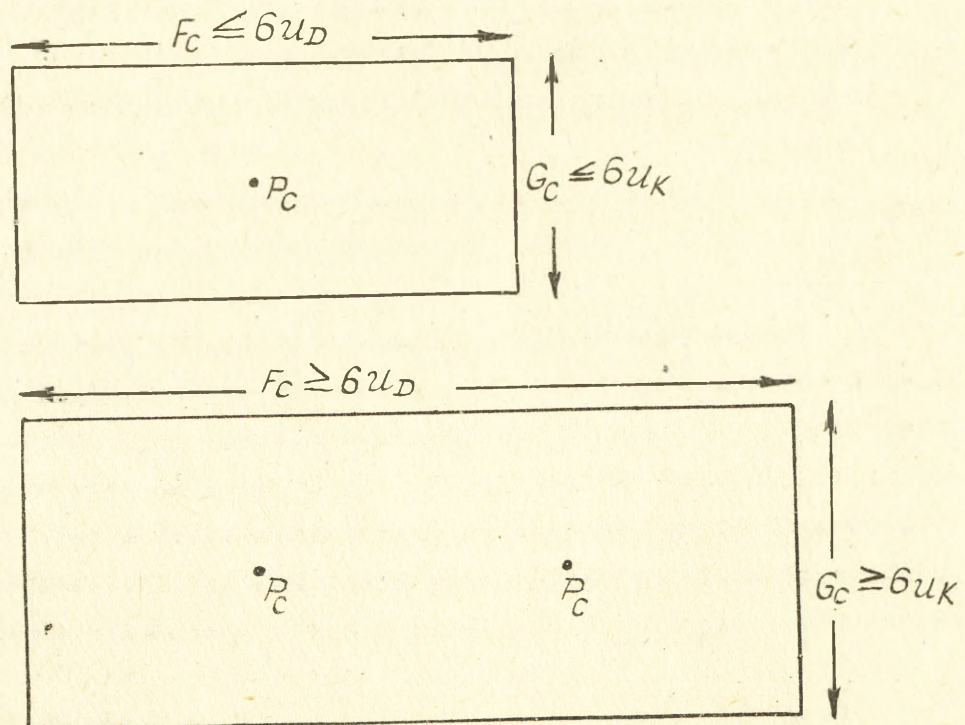
jeżeli  $q_1 = q_2 = q_n$  to

$$S_n = \frac{S_n}{s} = \frac{R_{sn}^2}{R_2^2}$$

Na podstawie powyższych wzorów zostały zestawione tabele zawarte w instrukcji strzelania.

6. Wybór /wyznaczenie/ punktu określenia nastaw.

Dla porażenia celu grupowego kilkoma raketami o wymaganej mocy koniecznym jest wybrać jeden lub kilka punktów określenia nastaw w zależności od rozmiaru celu. Jeśli cel ma rozmiary równe lub mniejsze jak  $6 U_D$  /  $6 U_K$  / punkt określenia nastaw wyznacza się jeden w środku celu lub w środku najważniejszego elementu celu. Jeśli front celu jest większy jak  $6 U_D$  /  $6 U_K$  / to wybiera się ilość punktów określenia nastaw równą ilości raket.



Rys. 29

W wypadku kolejnego /niejednoczesnego/ wykonania<sup>yw</sup> uderzeń do tego samego celu, punkt określenia nastaw do pierwszego uderzenia wybiera się w środku celu lub najważniejszego elementu celu. Po wykonaniu uderzenia określa się skutki wykonanego uderzenia /porażoną część celu/. Jeśli cel został porażony niedostatecznie to wyznacza się drugie uderzenie, dla którego punkt określenia nastaw wyznacza się w środku nieporażonej części celu /przyjmuje się jako nowy cel/.

#### 7. Cechy szczególne rażenia kolumn.

Ogień skuteczny do kolumn rakietami z ładunkiem jądrowym należy wykonywać tylko w tych wypadkach, gdy nie istnieje możliwość obezwładnienia /zniszczenia/ obiektu w rejonach ześrodkowania, w czasie rozwijania się lub na podstawach wyjściowych. Najmniejsza długość kolumny do której dopuszczalne jest wykonywanie uderzeń jądrowych winna być nie mniejsza jak  $8 U_D / 8 U_K$ . Wykonanie ognia do kolumny powinna poprzedzać wnikliwa analiza opłacalności wykonania takiego zadania.

Wskaźnikami oceny skuteczności strzelania są:

$L_0$  - pewnie rażona część celu /kolumny/;

$M_L$  - nadzieja matematyczna rażonej części powierzchni celu /kolumny/;

$L_{max}$  - maksymalnie rażona część powierzchni celu /kolumny/ i prawdopodobieństwo uzyskania maksymalnie rażonej części celu.

Pewnie rażona część kolumny -  $L_0$  - jest to taka część długości kolumny, której prawdopodobieństwo rażenia jest nie mniejsze niż 90%. Pewnie rażona część kolumny / $L_0$ / jest zasadniczym wskaźnikiem skuteczności strzelania, ponieważ mówi o tym, że w 90 wypadkach na 100, przy dużej ilości strzelań, będzie rażona nie mniejszą część celu niż " $L_0$ ". Ten wskaźnik skuteczności strzelania przyjmuje się za podstawę przy określeniu wymaganej mocy wybuchu jądrowego.

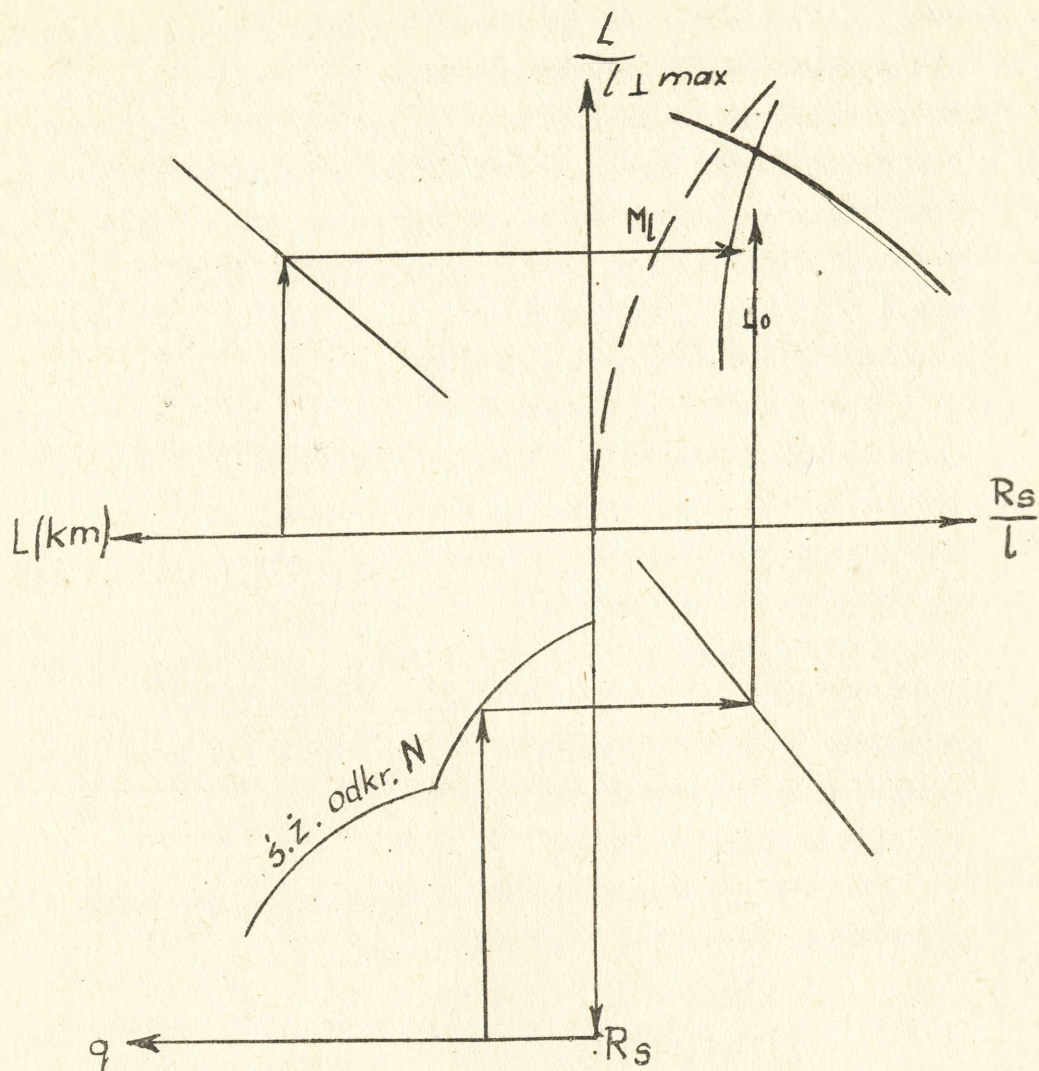
Nadzieja matematyczna rażonej części kolumny / $M_L$ / jest to średnia oczekiwana wielkość rażonej części długości kolumny. Nadzieja matematyczna rażonej części kolumny / $M_L$ / jest to średnia oczekiwana wielkość rażonej części długości celu. Nadzieja matematyczna mówi, że w wyniku dużej ilości doświadczeń średnio na jedno strzelanie przypadać będzie taka właśnie rażona część

długości kolumny. Nadzieja matematyczna rażonej części kolumny przy jednym wybuchu nie może być traktowana jako zasadniczy wskaźnik, ponieważ jest to wartość średnia i może się ona nawet bardzo znacznie różnić od rzeczywistego wyniku. Przy większej ilości wybuchów jądrowych /co najmniej pięć/ nadzieję matematyczną można przyjmować jako jeden z zasadniczych wskaźników, ponieważ przy dużej ilości doświadczeń zbliża się ona do prawdopodobieństwa.

Maksymalnie rażona część kolumny  $/L_{\max}/$  jest to największa rażona część jej długości, możliwa przy wybuchu o danej mocy. Maksymalnie rażona część kolumny mówi jaki może być maksymalny rezultat wybuchu jądrowego, gdy wybuch nastąpi w ściśle określonym miejscu lub rejonie.

Jeśli przyjmiemy, że pod pojęciem zwalczania kolumn rozumieć będziemy zwalczanie ludzi w samochodach /ludzi poza ukryciem/ i ludzi w czołgach, to podobnie jak przy celach powierzchniowych, przyjmujemy, że jeśli uzyskamy  $L_0 \geq 40\%$  cel będzie zniszczony.

Do oceny skuteczności strzelania do kolumn służy oddzielny wykres.



Rys.30

W celu posługiwania się wykresem należy znać:

- moc ładunku w KT;
- rodzaj celu i rodzaj wybuchu;
- odległość strzelania;
- długość kolumny;

Istota i kolejność pracy przy określaniu skuteczności strzelania do kolumn jest analogiczną jak przy ocenie skuteczności strzelania do celów grupowych.

Przy wykonywaniu uderzeń do kolumn należy zwrócić szczególną uwagę na wybór punktu określenia nastaw. Punkt określenia nastaw należy wybierać z takim wyliczeniem by uwzględnić prędkość przesuwania się kolumny. Znając czas potrzebny na pracę  $\tau_{pr}$  oraz prędkość przesuwania się kolumny

$V_k$  możemy określić odległość na jaką należy przesunąć punkt określenia nastaw za pomocą wzoru

$$d = V_k \cdot \tau_{pr}$$

gdzie:

$d$  - odległość na jaką należy przesunąć punkt określenia nastaw;

$\tau_{pr}$  - czas od chwili wykrycia kolumny do chwili wykonania uderzenia;

$V_k$  - prędkość przesuwania się kolumny.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Uczebnik po strzelbie operatiwno-takticzeskimi raketami.  
Moskwa 1962 r.
2. Prowadzenie ognia raketami z ładunkiem jądrowym i ocena skuteczności strzelania A.S.G. 1963 r.
3. Notatki z WKDO w Leningradzie.

OPRACOWAŁ

ADIUNKT KATEDRY WOJSK RAK. i ARTYLERII

ppłk dypl. Z. MAJCHRZAK

Odbito 20 egz.

Egz.nr 1-20 bibl.tajna

Wyk.ppłk MAJCHRZAK

Druk.K.L.

Nr.ks.2020/WW