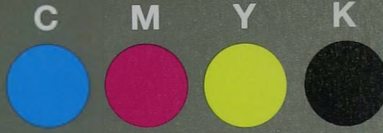
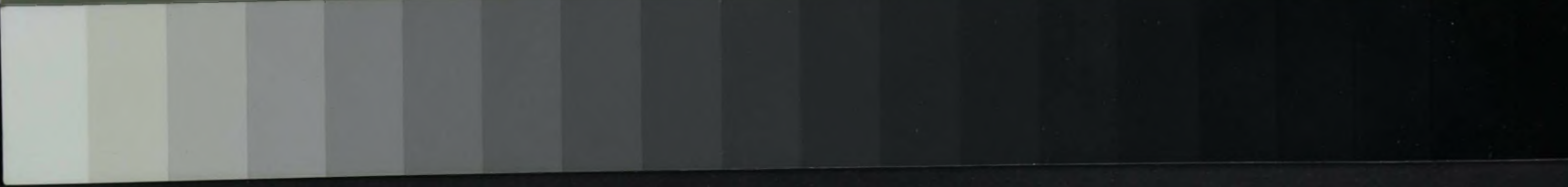


Grey Scale #13



A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~JAWNE~~
~~POUFNE~~

Egz. Nr 30

Pplk dr inż. Jan PIĘTA

WŁAŚCIWOŚCI BOJOWE BRONI NEUTRONOWEJ
I NIEKTÓRE PROBLEMY DZIAŁAŃ WOJSK
ORAZ OBRONY PRZED BRONIĄ MASOWEGO
RAŻENIA W WARUNKACH JEJ UŻYCIA

Rozprawa habilitacyjna



11787

WARSZAWA LIPIEC 1979





**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE
POUFNE

Egz. Nr 30

Ppłk dr inż. Jan PIĘTA

**WŁAŚCIWOŚCI BOJOWE BRONI NEUTRONOWEJ
I NIEKTÓRE PROBLEMY DZIAŁAŃ WOJSK
ORAZ OBRONY PRZED BRONIĄ MASOWEGO
RAŻENIA W WARUNKACH JEJ UŻYCIA**

Rozprawa habilitacyjna



11787

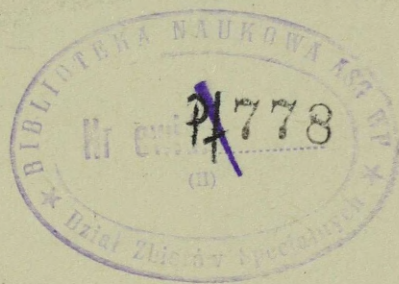
WARSZAWA LIPIEC 1979

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP.
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

=====

Inekl. Prot. 320/21.03.95 *JPH*

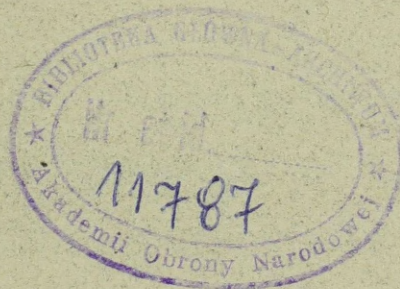
J A U E / N B E
Egz. nr. **30**



ppłk dr inż. Jan PIĘTA

WŁAŚCIWOŚCI BOJOWE BRONI NEUTRONOWEJ I NIEKTÓRE PROBLEMY
DZIAŁAŃ WOJSK ORAZ OBRONY PRZED BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA
W WARUNKACH JEJ UŻYCIA.

Rozprawa habilitacyjna.

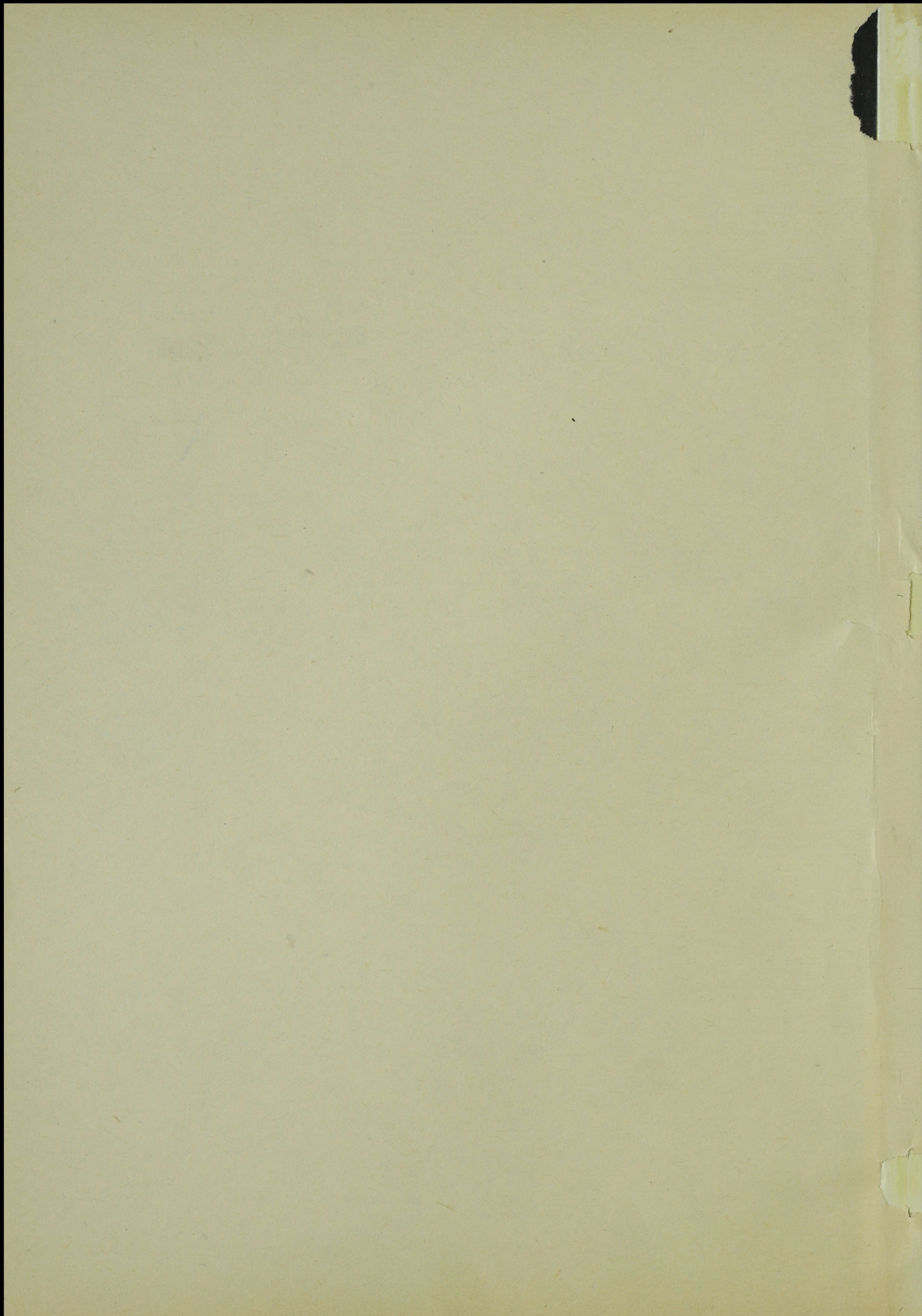


=====

WARSZAWA

lipiec

1979r.



S P I S T R E Ś C I

	str.
WSTĘP.....	9
ROZDZIAŁ I	
PODSTAWY TEORETYCZNE I CHARAKTERYSTYKA BRONI NEUTRONOWEJ.	
1. Podstawy fizyczne i zasada działania ładunku neutrono- wego	15
1.1. Budowa materii. Cząstki elementarne. Neutrony.....	15
1.2. Siły jądrowe. Reakcje jądrowe. Uzyskiwanie energii w ładunku neutronowym.....	17
2. Charakterystyka wybuchu neutronowego.....	23
2.1. Zjawiska towarzyszące wybuchowi neutronowemu....	23
2.2. Podział energii na poszczególne czynniki rażenia wybuchu neutronowego	30
3. Charakterystyka czynników rażenia wybuchu neutronowego.	42
3.1. Fala uderzeniowa	43
3.2. Promieniowanie cieplne.....	50
3.3. Promieniowanie przenikliwe	54
3.3.1. Jednostki pomiaru promieniowania przenikliwego.	54
3.3.2. Źródła promieniowania gamma	56
3.3.3. Źródła neutronów	59
3.3.4. Współdziałanie promieniowania gamma z materią.	61
3.3.5. Współdziałanie neutronów z materią.....	63
3.3.6. Zależność rażącego działania promieniowania przenikliwego od odległości od wybuchu	66
3.3.6.1. Zależność strumienia neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepienio- wego i neutronowego	68

3.3.6.2. Zależność dawki neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego.....	72
3.3.6.3. Zależność dawki promieniowania gamma od odleg- łości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepie- niowego i neutronowego.....	77
3.3.6.4. Zależność dawki sumarycznej pro- mieniowania przenikliwego od odległości od wybuchu ładun- ku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego.	80
3.3.6.5. Zależność dawki promieniowania przenikliwego od wysokości wybuchu ładunku neutronowego.....	85
3.3.7. Pochłanianie promieniowania przenikliwego roz- szczepienia i syntezy w materiałach osłonowych.	87
3.3.7.1. Długości dróg relaksacji i warstwy pochłonne promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy niektórych materiałów osłonowych.....	89
3.3.7.2. Współczynniki osłabienia promieniowania prze- nikliwego rozszczepienia i syntezy niektórych materiałów osłonowych	95
3.4. Skażenie promieniotwórcze terenu.....	99
4. Wnioski.....	110

ROZDZIAŁ II.

WŁAŚCIWOŚCI RAŻĄCE BRONI NEUTRONOWEJ.

1. Zasady ogólne oceny porażień i zniszczeń w rejonach uderzeń jądrowych	115
1.1. Jednostopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego.....	119

1.2. Trójstopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego.....	121
2. Działanie wybuchu neutronowego na ludzi	123
2.1. Rażenie ludzi falą uderzeniową.....	125
2.2. Rażenie ludzi promieniowaniem cieplnym.....	128
2.3. Rażenie ludzi promieniowaniem przenikliwym.....	131
2.4. Jednoczesne działanie na ludzi wszystkich czynników rażenia wybuchu neutronowego.....	143
3. Działanie wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie	144
3.1. Działanie fali uderzeniowej wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie	146
3.2. Działanie promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie	149
3.2.1. Działanie promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego na sprzęt radioelektroniczny.....	150
3.2.2. Aktywacja neutronami niektórych rodzajów sprzętu bojowego i uzbrojenia	155
3.2.2.1. Aktywność wzbudzona w stali gąsienicowej i pancernej.....	156
3.2.2.2. Dopuszczalna aktywność objętościowa niektórych rodzajów sprzętu bojowego.....	168
3.2.2.3. Strefy aktywacji sprzętu bojowego powyżej dopuszczalnych norm w rejonie wybuchu neutronowego.....	175
4. Działanie wybuchu neutronowego na urządzenia inżynierskie.....	185
5. Działanie wybuchu neutronowego na obiekty administracyjno-przemysłowe.....	191

6. Działanie wybuchu neutronowego na roślinność.....	194
7. Wnioski	197

ROZDZIAŁ III.

NIEKTÓRE PROBLEMY DZIAŁAŃ WOJSK I OBRONY PRZED BRONIĄ
MASOWEGO RAŻENIA W WARUNKACH UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ

1. Taktyczno-operacyjne zagrożenie naszych wojsk bronią neutronową.....	201
1.1. Rola broni neutronowej w planach militarnych NATO.....	201
1.2. Charakterystyka środków przenoszenia broni neutronowej	203
1.3. Zagrożenie bronią neutronową związków taktycznych i operacyjnych	212
2. Wpływ broni neutronowej na charakter i zasady współczesnej walki	215
2.1. Znaczenie rodzajów wojsk w walce w warunkach stosowania broni neutronowej	216
2.2. Wpływ broni neutronowej na aktualność niektórych zasad walki	219
3. Obrona przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej	222
3.1. Obrona przed bronią masowego rażenia i obrona przeciw neutronowa	222
3.2. Wykrywanie uderzeń neutronowych.....	225
3.2.1. Wykrywanie wybuchów jądrowych w wojskach operacyjnych	225
3.2.2. Analiza przydatności metod wykrywania wybuchów jądrowych do wykrywania wybuchów neutronowych:..	228
3.2.2.1. Metoda radiotechniczna	228
3.2.2.2. Metoda radiolokacyjna	229

3.2.2.3. Metoda akustyczna	231
3.2.2.4. Metoda światłotechniczna	233
3.2.2.5. Metoda wizualna	234
3.2.2.6. Porównanie przydatności różnych metod wykrywania wybuchów jądrowych do wykrywania wybuchów neutronowych	236
3.3. Inżynierska rozbudowa rejonów zajmowanych przez wojska i obiekty tyłowe.....	237
3.4. Prognozowanie stref/rejonów/ porażień, skażeń, zniszczeń i pożarów.....	245
3.4.1. Prognozowanie stref porażień ludzi poza ukryciami i w różnorodnych ukryciach	246
3.4.2. Prognozowanie stref utraty właściwości użytkowych i bojowych sprzętu bojowego.....	249
3.4.3. Prognozowanie stref utraty właściwości użytkowych urządzeń inżynierskich.....	252
3.4.4. Prognozowanie stref skażeń promieniotwórczych terenu.....	252
3.4.5. Prognozowanie stref zniszczeń terenowych i zawał w lasach	255
3.4.6. Prognozowanie pożarów	257
3.4.7. Zasady graficznego zobrazowywania uderzeń neutronowych	258
3.5. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych sprzętu i terenu do ochrony przed bronią neutronową.....	261
3.5.1. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami do ochrony przed bronią neutronową	261
3.5.2. Wykorzystanie właściwości ochronnych sprzętu bojowego do ochrony przed bronią neutronową....	262

3.5.3. Wykorzystanie właściwości ochronnych terenu do ochrony przed bronią neutronową.....	267
3.6. Rozpoznanie skażeń w rejonach uderzeń neutronowych.	269
3.7. Przekraczanie stref skażonych i zapewnienie lu- dziom ochrony podczas działań w terenie skażonym.	271
3.7.1. Przekraczanie terenu skażonego	271
3.7.2. Przebywanie w terenie skażonym	273
3.8. Kontrola napromienienia i stopnia skażenia żołnierzy oraz stopnia skażenia sprzętu bojowego, środków materiałowych, żywności i wody.....	274
3.8.1. Kontrola napromienienia	274
3.8.2. Kontrola stopnia skażenia	278
3.9. Zabiegi profilaktyczne	283
3.10. Likwidacje skutków użycia broni neutronowej.....	284
3.10.1. Rozpoznanie rejonów porażenia	285
3.10.2. Odtwarzanie naruszonego dowodzenia	288
3.10.3. Prace ratunkowe, lecznicze i ewakuacyjne.....	289
3.10.4. Zabiegi sanitarne i specjalne.....	292
3.10.5. Gaszenie /lokalizacja/pożarów	293
4. Wnioski	294
UWAGI KONCOWE I PROBLEMATYKA DALSZYCH BADAN.....	303
LITERATURA	306

W S T Ę P

Plany podjęcia produkcji broni neutronowej oraz wyposażenia w nią armii naszych potencjalnych przeciwników - USA i NATO - obligują nas do poznania charakterystyk bojowych i wypracowania zasad prowadzenia działań bojowych w warunkach jej użycia.

Konieczność wszechstronnej analizy parametrów techniczno-bojowych broni neutronowej, jej znaczenia militarnego i opracowania skutecznych sposobów obrony została dostrzeżona w kierownictwie MON, czego wyrazem jest wprowadzanie problematyki broni neutronowej do ćwiczeń /po raz pierwszy problemy te były wprowadzone do ćwiczenia "LATO-78"/ oraz konkretne zadania postawione instytucjom naukowo-dydaktycznym i wojskom do podjęcia prac naukowo-badawczych z tego zakresu.

W ramach realizacji tych zadań problematyka broni neutronowej znalazła odbicie w pracach naukowo-badawczych i popularnonaukowych oraz w procesie dydaktycznym w Akademii Sztabu Generalnego Wojska Polskiego.

Zasadniczym celem rozprawy jest opracowanie zasad obrony przeciwnetronowej, realizowanej w wojskach operacyjnych w ramach przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia.

Aby osiągnąć ten cel konieczna jest, w miarę możliwości wszechstronna, analiza właściwości bojowych broni neutronowej.

Przedmiotem badań będą więc podstawy teoretyczne i charakterystyka broni neutronowej, właściwości rażącej tej broni oraz problematyka działań wojsk i obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach jej użycia.

Problemy powyższe w mniejszym lub większym stopniu reprezentowane są w literaturze. Szczególnie wiele publikacji ukazało się w latach 1977 i 1979, po podaniu do publicznej wiadomości planów uruchomienia produkcji broni neutronowej i wprowadzenia jej do wyposażenia wojsk NATO. Nie wszystkie interesujące nas problemy znajdują w literaturze jednakowe odzwierciedlenie. Stosunkowo wiele pozycji traktuje o stronie technicznej problemu, a w szczególności o hipotetycznej budowie broni neutronowej i jej rażącym działaniu. Bogato udokumentowana jest historia powstania i rozwoju broni neutronowej oraz jej aspekty polityczno-militarne. Stosunkowo niewiele publikacji dotyczy problemów czysto wojskowych, a w szczególności wpływu broni neutronowej na realizację przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia i na sposoby działań wojsk, tj. problematyki będącej głównym przedmiotem badań w niniejszej rozprawie.

Problemy badawcze przedstawione zostały w trzech rozdziałach.

W rozdziale pierwszym przedstawiono podstawy fizyczne i zasadę działania ładunku neutronowego oraz scharakteryzowano zjawiska fizyczne towarzyszące wybuchom neutronowym i czynniki rażenia wybuchu neutronowego. W szczególności, wszechstronnej analizie poddano czynniki rażenia wybuchu neutronowego, a w tym podstawowy czynnik rażenia - promieniowanie przenikliwe. Celem tej analizy było określenie podstawowych funkcji opisujących zależność intensywności poszczególnych parametrów rażących /strumienia neutronów, dawki, mocy dawki, nadciśnienie fali uderzeniowej, impulsu cieplnego itp./ od odległości od wybuchu, wysokości wybuchu i mocy ładunku neutronowego.

W rozdziale drugim określone zostały właściwości rażącej broni neutronowej. Na podstawie funkcji opisanych w rozdziale pierwszym wyznaczono zasięg oddziaływania poszczególnych czynników rażenia wybuchu neutronowego na ludzi, sprzęt bojowy i uzbrojenie, urządzenia inżynieryjne, obiekty administracyjno-przemysłowe i roślinność. Także i w tym rozdziale szczególne miejsce zajmuje promieniowanie przenikliwe. Szczególna uwaga zwrócona została na określenie skutków oddziaływania promieniowania przenikliwego na ludzi, urządzenia radioelektroniczne i stalowe elementy konstrukcyjne sprzętu bojowego oraz oszacowanie wskaźników ilościowych tych oddziaływań.

W rozdziale trzecim rozpatrzona została problematyka działań wojsk i obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej. Na podstawie dostępnych autorowi informacji o poglądach ekspertów zachodnich na temat roli broni neutronowej w planach militarnych NATO oraz charakterystyki środków przenoszenia broni neutronowej podjęto próbę określenia zagrożenia bronią neutronową naszych związków taktycznych i operacyjnych. Zagrożenie to, a przede wszystkim rezultaty badań przedstawione w poprzednich rozdziałach, umożliwiły sformułowanie sądów na temat wpływu broni neutronowej na aktualność niektórych zasad walki ogólnowojskowej w warunkach użycia broni neutronowej i znaczenia w tej walce poszczególnych rodzajów wojsk.

Główną część rozdziału trzeciego stanowi problematyka obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej. W części tej zawarto analizę porównawczą poszczególnych przedsięwzięć obrony przed bronią jądrową /rozszerzenie-

niową/ i neutronową z punktu widzenia różnic wnoszonych przez broń neutronową do realizacji tych przedsięwzięć.

Analiza ta umożliwiła sformułować wnioski i postulaty dotyczące organizacji obrony przed bronią masowego rażenia w przypadku stosowania broni neutronowej oraz wskazać kierunki dalszych prac teoretycznych i techniczno-eksperymentalnych.

Podczas opracowywania rozprawy korzystałem z konsultacji, życzliwych rad i pomocy szerokiego grona specjalistów, którym tą drogą pragnę złożyć wyrazy podziękowania.

Zastępcy Komendanta ASG WP do spraw naukowych gen. brygady dr. Zbigniewowi Jurewiczowi dziękuję za fachową ocenę części materiału dotyczącego trzeciego rozdziału rozprawy, oraz słowa aprobaty i zachęty do pracy nad tym tematem.

Szefowi Katedry Taktyki Wojsk Chemicznych ASG WP płk doc. dr inż. Kazimierzowi Nawrockiemu dziękuję za stworzenie warunków do pracy naukowej i wszechstronną pomoc w przygotowaniu rozprawy.

Zastępcy Szefa Katedry Taktyki Wojsk Chemicznych ASG WP płk doc. dr Stefanowi Michalakowi dziękuję za okazanie dużego zainteresowania prowadzonymi badaniami, częste dyskusje na temat poruszanych w rozprawie problemów, wnikliwe zapoznanie się z całością rozprawy oraz systematyczne udzielanie mi cennych wskazówek i rad.

Kierownikowi Instytutu Chemii i Obrony Przeciwatomowej WAT płk doc. dr inż. Stanisławowi Kowalikowi dziękuję za konstruktywną krytykę opracowania wstępnego materiału dotyczącego rozdziałów pierwszego i drugiego oraz konsultacje i dyskusje, które pozwoliły mi poprawić tekst i usunąć pewne usterki.

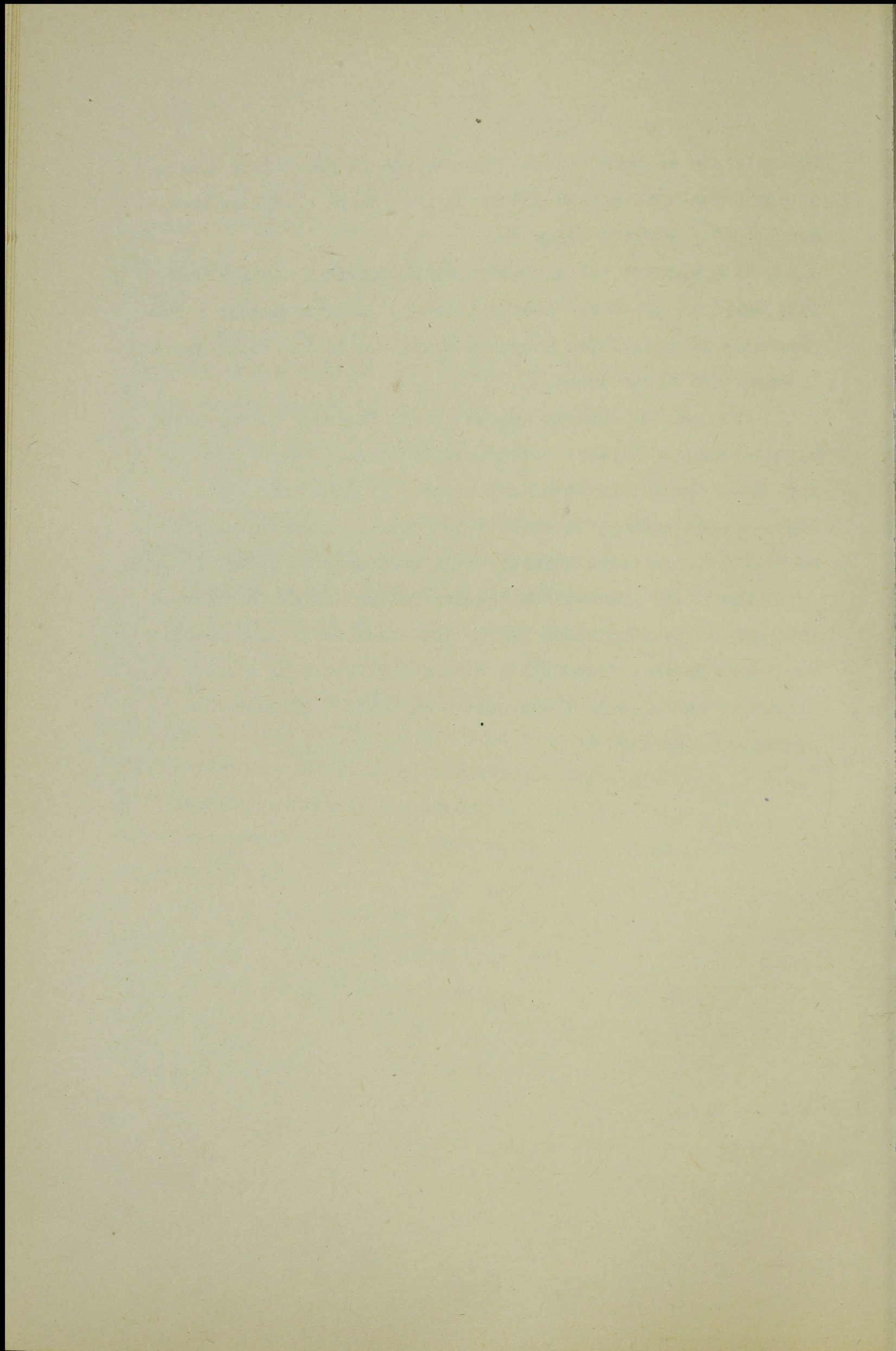
Pracownikom Pracowni Osłon Radiacyjnych, kierowanej przez doc. dr inż. Lecha Szymenderę, w Zakładzie Inżynierii Reaktorowej

IBJ dziękuję za konsultacje i udostępnienie niektórych danych do opracowania zagadnień aktywacji neutronami elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego.

Kierownikowi Zakładu Rozpoznania Promieniowania WIChiR ppłk mgr inż. Witoldowi Leszko dziękuję za konsultacje i dostarczenie mi niektórych danych dotyczących osłon radiacyjnych i dozymetrii neutronowej.

Pracownikom Zakładu Automatyzacji Procesów Obrony przed Bronią Masowego Rażenia Instytutu Dowodzenia ASG WP mjr mgr inż. Stanisławowi Jakubczakowi i por. mgr inż. Andrzejowi Rogowskiemu dziękuję za pomoc w opracowaniu algorytmu i programu na EMC do obliczeń oddziaływania neutronów na sprzęt bojowy.

Wszystkim pracownikom Katedry Taktyki Wojsk Chemicznych ASG WP, a w szczególności płk dr inż. Czesławowi Lewandowskiemu i ppłk dr inż. Ireneuszowi Nowakowi, dziękuję za twórcze dyskusje, cenne uwagi i wszechstronną pomoc w opracowaniu materiału rozprawy.



R O Z D Z I A Ł I.

PODSTAWY TEORETYCZNE I CHARAKTERYSTYKA BRONI NEUTRONOWEJ:

1. Podstawy fizyczne i zasada działania ładunku neutronowego.

1.1. Budowa materii. Czastki elementarne. Neutrony.

Każda substancja zbudowana jest z jednego lub kilku pierwiastków chemicznych występujących w przyrodzie. Obecnie znamy ponad sto różnych pierwiastków chemicznych. Pierwiastki mogą występować w stanie wolnym, np. metale szlachetne i gazy szlachetne lub w połączeniu, tworząc ogromne ilości związków chemicznych. Najmniejszą częścią pierwiastka jest atom. Zachowuje on wszystkie właściwości fizyczne i chemiczne danego pierwiastka. Badania atomu wykazały, że posiada on skomplikowaną strukturę i może ulegać różnym przemianom. Każdy atom składa się z niezwykle zagęszczonej części środkowej, zwanej jądrem atomowym i względnie rozrzedzonej części peryferyjnej, zwanej powłokami elektronowymi, przestrzenią elektronową, orbitami elektronowymi lub orbitalami. Ta dość bogata terminologia przestrzeni otaczającej jądro atomowe łączy się z ewolucją wyobrażeń o budowie atomu i konstruowaniem różnych jego modeli. Jądro ma dodatni ładunek elektryczny, a elektrony otaczające jądro-ujemny. Suma ładunków elektronów jest, co do wartości bezwzględnej, równa ładunkowi jądra. Dzięki temu atom jako całość jest elektrycznie obojętny.

W skład jądra wchodzi dwojakiego rodzaju czastki elementarne: dodatnio naładowane protony i obojętne elektrycznie

neutrony. Protony i neutrony nazywa się ogólnie nukleonami. Ilość nukleonów w jądrze decyduje o jego masie.

Masa nukleonu jest bliska masy jednostkowej i podczas zmiany ilości nukleonów w jądrze o taką wartość/lub jej wielokrotność/ może się w przybliżeniu zmieniać masa jądrowa. Ilość protonów w jądrze jest jedyną cechą odróżniającą poszczególne pierwiastki chemiczne. Jądra tego samego pierwiastka/ o tej samej liczbie protonów/ mogą mieć różne ilości neutronów, a więc różną masę; nazywamy je izotopami danego pierwiastka chemicznego.

Neutrony, składniki jąder atomowych, mogą określony czas występować w stanie wolnym. Neutrony znajdujące się poza jądrem są cząstkami elementarnymi nietrwałymi - ulegają rozpadowi na proton, elektron i neutrino. Proces ten podlega prawu rozpadu promieniotwórczego. Okres połowicznego rozpadu neutronów wynosi około 20 minut. Dzięki temu, że neutrony nie mają ładunku elektrycznego mogą bez przeszkód przenikać do jąder atomowych nie napotykając na barierę potencjału jądra. Są więc dogodnymi "pociskami do bombardowania" jąder i wywoływania reakcji jądrowych. W zależności od prędkości ruchu/ ilości niesionej przez nie energii/ neutrony dzielimy na prędkie/wysokoenergetyczne, $E > 1 \text{ MeV}$ /, pośrednie/ średnioenergetyczne, $0,01 \text{ MeV} \leq E \leq 1 \text{ MeV}$ / i powolne /niskoenergetyczne, $E < 0,01 \text{ MeV}$ /. Neutrony o bardzo niskich energiach mogą znajdować się w równowadze termicznej z gazem, tj. zachowywać się jak cząsteczki gazu. Neutrony takie nazywają się termicznymi. Neutrony nie wywołują bezpośrednio jonizacji ośrodka, w którym się rozprzestrzeniają. Jonizacja ośrodka towarzyszy strumieniowi neutronów jako proces wtórny, wynikający z mechanizmów oddzia-

ływania neutronów z substancją ośrodka. Zagadnienia te rozpatrzono zostaną przy charakterystyce promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego.

1.2: Siły jądrowe. Reakcje jądrowe. Uzyskiwanie energii w ładunku neutronowym.

Pomiędzy jednoimiennymi ładunkami elektrycznymi działają kulombowskie siły odpychania elektrostatycznego. Te siły odpychania, działające w jądrze atomowym pomiędzy dodatnio naładowanymi protonami, przeczą możliwości istnienia jądra jako trwałej struktury. Ponieważ istnienie jąder atomowych jest faktem to muszą istnieć swoiste siły wiążące nukleony w jądrze - siły wzajemnego przyciągania, większe co do wartości bezwzględnej od sił kulombowskich. Siły te, nie znane w makroświecie, nazwano siłami jądrowymi i udowodniono, że oddziałują na niewielkich odległościach - tylko pomiędzy sąsiednimi nukleonami. Każda zmiana ilości nukleonów w jądrze powoduje zmianę w wartości i rozkładzie sił jądrowych. Wymaga to dostarczenia/powoduje wydzielenie/ energii. Zmienia się jednocześnie masa reagującego układu. Zmiana sumarycznej masy układu wynika z podstawowego prawa przyrody, które głosi, że przemianie jakiegokolwiek układu powiązanego siłami słabszymi na układ o wiązaniach silniejszych towarzyszy wydzielenie się energii i ubytek masy. Natomiast rozluźnieniu więzów towarzyszy pochłonięcie energii i przyrost masy. Związek masy i energii podał Einstein:

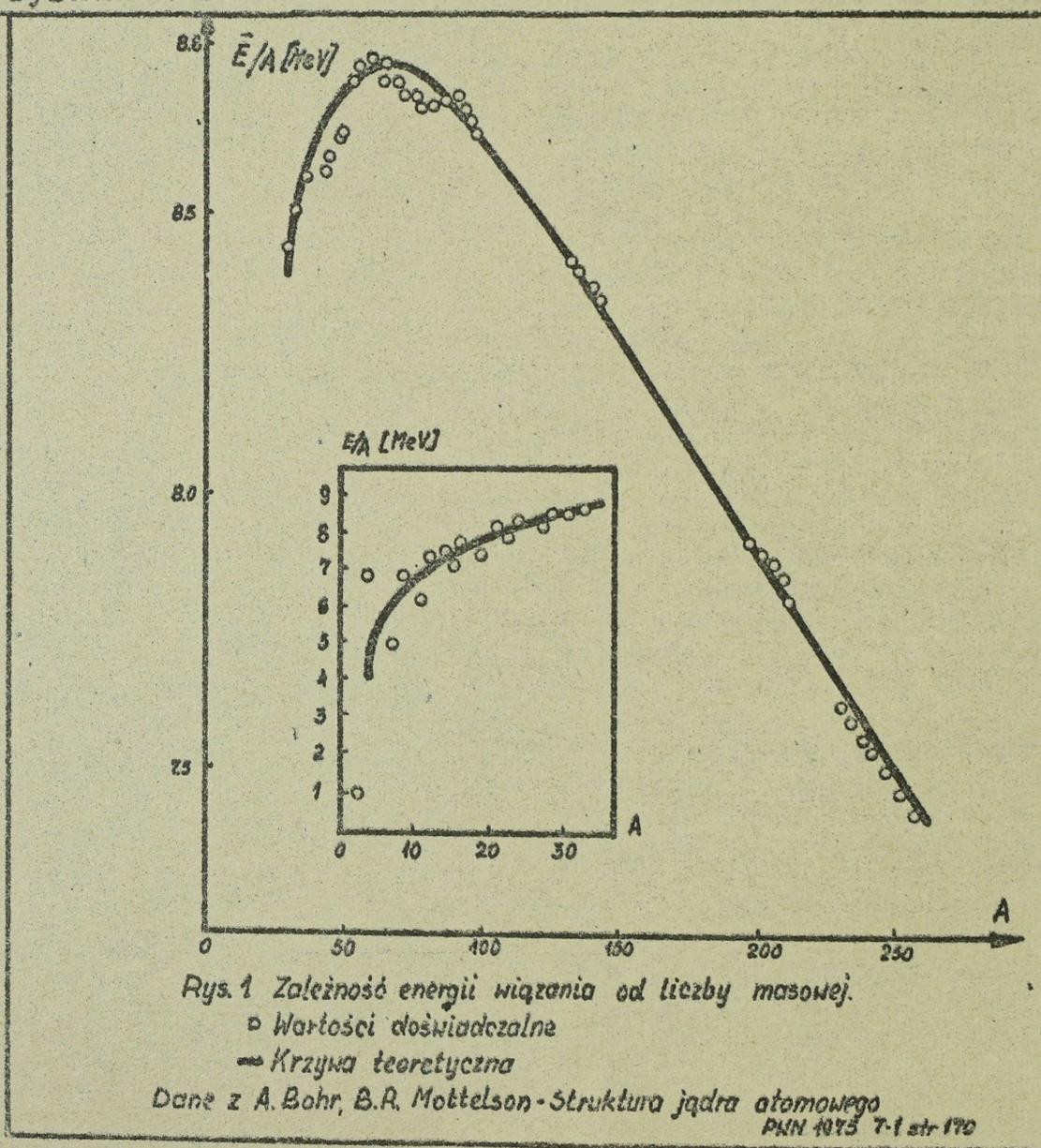
$$E = m \cdot c^2 \quad \dots 1$$

gdzie E - energia ;

m - masa ;

c - prędkość światła .

Trwałość jąder atomowych określa wielkość energii wiązania nukleonów w jądrze ,przypadająca na jeden nukleon: Im większa jest energia wiązania tym jądro jest trwalsze: Energia wiązania jest różna dla poszczególnych pierwiastków i zależy od ogólnej liczby nukleonów oraz od stosunku ilościowego protonów i neutronów. Zależność średniej energii wiązania nukleonów w jądrze \bar{E} przypadającej na jeden nukleon od ogólnej liczby nukleonów/liczby masowej pierwiastka/ A przedstawiono na rysunku 1 .



Z rysunku 1 wynika, że największą średnią energią wiązania, a więc i trwałość, mają jądra atomowe pierwiastków z przedziału liczb masowych od 20 do 120. Zarówno jądra pierwiastków lekkich jak i ciężkich mają mniejszą trwałość. Istnienie różnic w energiach wiązania poszczególnych jąder atomowych stwarza możliwość wyzwolenia energii w przemianach jądrowych:

Procesy zachodzące w przyrodzie, które decydują o różnorodności, bogactwie form i ciągłej zmienności otaczającego nas świata i z których część jest źródłem uzyskiwanej przez człowieka energii, można podzielić na dwie grupy: Pierwsza - to procesy, które przebiegają z udziałem orbitali i bez udziału jąder atomowych. Procesy te nazywają się procesami chemicznymi. Ilość wyzwolanej lub pochłanianej w reakcjach chemicznych energii w przeliczeniu na jednostkę masy reagentów jest stosunkowo niewielka. Defekt masy jest znikomy, niewykrywalny doświadczalnie i w praktyce jest pomijany. Pierwiastki chemiczne biorące udział w reakcjach nie zmieniają swojej natury, a zmienność właściwości fizycznych substancji wynika tylko z różnej kombinacji połączeń. Druga grupa to procesy, które przebiegają z udziałem jąder atomowych, nazwano je procesami jądrowymi lub nuklearnymi. Ilość energii przypadającej na jednostkę masy reagentów jest duża, a defekt masy osiąga mierzalne wartości. W procesach tych zmieniają się jądra atomów - zmienia się więc natura pierwiastków. Procesem jądrowym często towarzyszy zmiana ilości nukleonów w jądrze. Przemiany pierwiastków w inne pierwiastki polegają na zmianie ilości protonów. Przemiany izotopów na inne w ramach danego pierwiastka polegają na zmianie ilości neutronów przy zachowaniu niezmienną ilości

protonów.

Do procesów jądrowych należą również wybuchowe reakcje jądrowe wykorzystywane w broni jądrowej. Warunkiem wybuchu jest wydzielenie się dużych ilości energii w tak krótkim czasie, aby reakcja raz zapoczątkowana przebiegała dalej samorzutnie i gwałtownie. Powyższe warunki spełniają dwa typy reakcji jądrowych: reakcja rozszczepienia i reakcja syntezy. Energia uzyskiwana z tych reakcji jest wynikiem przejścia jąder ze struktur mniej trwałych w bardziej trwałe. Z rysunku 1 wynika, że reakcje te powinny zachodzić stosunkowo łatwo z jądrami najlżejszymi i najcięższymi. Zarówno reakcję rozszczepienia jak i reakcję syntezy wykorzystuje się obecnie w broni jądrowej.

W reakcji rozszczepienia biorą udział jądra pierwiastków najcięższych: uran $233^x/$, uran 235 , uran 238 i pluton 239 .

Reakcja rozszczepienia zachodzi w wyniku wychwytu przez jądro neutronu. W wyniku rozszczepienia/rozpadu/ jądra powstają jądra lżejsze tzw. fragmenty lub odłamki i 2-3 neutrony.

Neutrony te mogą inicjować rozszczepienie kolejnych jąder paliwa jądrowego. W odpowiednich warunkach^{xx/} może więc powstać lawiowy rozwój reakcji. Taka reakcja nosi nazwę łańcuchowej reakcji rozszczepienia :

Reakcja łańcuchowa nie zachodzi z uranem 238 . Rozszczepienie tego izotopu możliwe jest tylko przy dużych energiach neutronów, większych niż uzyskiwane są w jego rozszczepieniu :

-
- x/ - liczba masowa A /ilość nukleonów w jądrze/
 - xx/- aby neutrony uzyskane z rozszczepienia przed opuszczeniem środowiska reakcji mogły napotkać kolejne jądra paliwa jądrowego masa powinna być większa od tzw. masy krytycznej. Masę krytyczną osiąga się poprzez połączenie kilku mas podkrytycznych lub zwiększenie gęstości paliwa:

Neutrony o takich energiach uzyskuje się w reakcji syntezy:

W reakcji syntezy biorą udział jądra pierwiastków najlżejszych: izotopy wodoru /deuter i tryt/ oraz lit. Synteza /łączenie, fuzja/ jąder atomowych związana jest z koniecznością pokonania sił wzajemnego odpychania, które działają pomiędzy jednoimiennymi ładunkami elektrycznymi jąder. Pokonywanie tych sił realizuje się poprzez nadawanie jądom dużych energii kinetycznych/prędkości/, nagrzewając substraty reakcji syntezy do wysokiej temperatury. Stąd reakcja syntezy nosi nazwę reakcji termojądrowej, a substraty jej określa się mianem paliwa termojądrowego. Ważniejsze reakcje syntezy przedstawione zostaną przy omawianiu podziału energii na poszczególne czynniki rażenia w ładunku neutronowym.

W broni jądrowej wykorzystywane są wybuchowe reakcje jądrowe rozszczepienia lub syntezy. Sposób uzyskiwania energii jest podstawowym kryterium do wyróżnienia broni jądrowej spośród innych środków rażenia i leży u podstaw jej definicji:

- "Broń jądrowa - to taka broń, której działanie rażące oparte jest na wykorzystaniu energii uzyskiwanej w reakcjach jądrowych".

Ze względu na rodzaje reakcji i stadia ich zachodzenia broń jądrową dzieli się na jednofazową, dwufazową i trójfazową .

Broń jądrowa jednofazowa, zwana także atomową oparta jest na wykorzystaniu łańcuchowej reakcji rozszczepienia jąder pierwiastków ciężkich. Stąd też używa się określeń: "rozszczepieniowa" lub "rozszczepialna". Ładunki jednofazowe są zazwyczaj małej i średniej mocy. Środkami przenoszenia tych

tych ładunków mogą być pociski artylerii atomowej, rakiety taktyczne, operacyjno-taktyczne i bomby lotnicze. Stosuje się je również w minach jądrowych. Ładunki rozszczepieniowe były użyte w pierwszych bombach atomowych, które zniszczyły Hiroszimę i Nagasaki.

Broń jądrowa dwufazowa, zwana także wodorową lub termojądrową oparta jest na wykorzystaniu reakcji rozszczepienia i syntezy. Ładunek rozszczepieniowy stanowi pierwszą fazę i pełni rolę "zapalnika", który dostarcza niezbędną ilość energii do zapoczątkowania reakcji syntezy. Zasadnicza część energii wybuchu wydziela się w drugiej fazie - w wyniku reakcji syntezy.

Broń jądrowa trójfazowa, zwana także kombinowaną, wodorowo - uranową lub bronią jądrową wielkiej mocy, oparta jest na wykorzystaniu reakcji rozszczepienia, syntezy i rozszczepienia. Pierwsza faza /rozszczenie uranu 235/ i druga faza /synteza izotopów wodoru/ są analogiczne jak w broni dwufazowej. Trzecią fazą jest rozszczepienie uranu 238. Reakcję tę wywołują neutrony prędkie uzyskiwane w fazie drugiej.

Skonstruowanie broni jądrowej dwu- i trójfazowej było wynikiem dążności do powiększenia mocy wybuchu/uzyskano moc rzędu megaton/ i poszukiwania taniach surowców. Broń tę przewiduje się używać przez lotnictwo strategiczne i strategiczne siły rakietowe.

Zródkiem energii wykorzystywanej w broni neutronowej jest reakcja syntezy. Z reakcji tej uzyskuje się wysokoenergetyczne neutrony. Koncepcja ich wykorzystania powstała wraz ze skonstruowaniem broni termojądrowej^{x/}.

x/-przygotowania teoretyczne zakończone w St.Zj.w 1958r.
prototypowa głowica zdetonowała w 1963r. Głowicę neutronową planowano pierwotnie dla systemu antyrakietowego "Anti - Ballistic-Missile - System - ABM" Herbert Gaertner, Neutrony środkiem walki, Wehrtechnik 2/77.

Nie mogła być jednak zrealizowana w przypadku wybuchów ładunków o dużych mocach. Wyzwalająca się równocześnie z promieniowaniem neutronowym duża ilość energii cieplnej powoduje, że zasięg promieniowania cieplnego i fali uderzeniowej dominuje nad zasięgiem promieniowania neutronowego. Rażące działanie promieniowania neutronowego można wyeksponować w przypadku wybuchu niewielkiego ładunku termojądrowego. Powstanie broni neutronowej jest więc wynikiem zamierzonych badań nad miniaturyzacją ładunków jądrowych i jednocześnie wiąże się z wielokierunkowymi pracami w zakresie niekontrolowanej i kontrolowanej reakcji syntezy, w tym również wykorzystania jej do celów pokojowych /energetyka jądrowa/.

Inicjowanie reakcji syntezy paliwa termojądrowego realizuje się najprawdopodobniej ładunkiem rozszczepieniowym, czyli broń neutronowa jest bronią jądrową dwufazową.

Moc wybuchu ładunku neutronowego jest rzędu jednej kilotonny. Moc ta jest wielokrotnie mniejsza od mocy broni termojądrowej w dotychczasowym rozumieniu tego terminu. Jest to więc broń termojądrowa zminiaturyzowana. Dzięki miniaturyzacji ładunku termojądrowego uzyskano radykalnie zmieniony rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia. Zasadniczą część energii wydziela się w postaci promieniowania przenikliwego, a w tym - wysokoenergetycznych neutronów.

2. Charakterystyka wybuchu neutronowego.

2.1. Zjawiska fizyczne towarzyszące wybuchowi neutronowemu.

Energia uzyskiwana z reakcji jądrowych wydziela się w

postaci energii kinetycznej produktów reakcji rozszczepienia lub syntezy i promieniowania jądrowego. Energia kinetyczna produktów reakcji i część energii promieniowania jądrowego przekazywana jest nieprzereagowanym substratom, materiałom konstrukcyjnym ładunku jądrowego, a następnie molekułom i atomom otoczenia/atmosfery, gleby, wody/. Powoduje to gwałtowny wzrost temperatury i ciśnienia gazów w bezpośrednim sąsiedztwie reakcji. W miejscu wybuchu obserwowany jest oślepiający błysk i następnie tworzy się tak zwana kula ognista, czyli obszar świecenia silnie rozgrzanych gazów.

Kula ognista w miarę upływu czasu powiększa się i unosi się do góry. Im większa jest moc wybuchu tym większe są prędkości wzrostu i wymiary maksymalne kuli ognistej. Doświadczenia pokazały, że istnieje matematyczna zależność pomiędzy średnicą maksymalną kuli ognistej i mocą wybuchu jądrowego /rozszczerpieniowego/.

$$d_{\max} = 7 \sqrt[3]{q} \dots 2$$

gdzie d_{\max} - średnica kuli ognistej w końcowej fazie świecenia, w m ;

q - moc wybuchu, w tonach.

Wzór 2 związany jest z tzw. mocą termodynamiczną wybuchu jądrowego, tj. ilością wydzielającej się energii cieplnej. Przy wybuchu neutronowym moc termodynamiczna jest 2-5 razy mniejsza niż przy rozszczepieniowym o tej samej mocy ogólnej^{x/}. Stąd średnicę maksymalną kuli ognistej wybuchu neutronowego możemy obliczyć orientacyjnie ze wzoru :

$$d_{\max} = 5 \sqrt[3]{q} \dots 3$$

Maksymalna średnica kuli ognistej wybuchu neutronowego o

x/ - patrz pkt. 2.2 niniejszego rozdziału

mocy 1 kt obliczona ze wzoru 3 , wynosi około 50m.

Kształt i wysokość wzniesienia się kuli ognistej informuje o rodzaju wybuchu jądrowego. W przypadku wybuchu powietrznego kula ognista ma regularny kształt i nie dotyka powierzchni ziemi. Oznacza to, że do powietrznych wybuchów jądrowych zalicza się wybuchy wykonane na wysokości większej od promienia kuli ognistej. W przypadku wybuchu neutronowego o mocy 1 kt będzie to wysokość większa od 25m.

Jak wynika z literatury przedmiotu wybuchy neutronowe przewiduje się wykonywać na wysokościach 150 m i większych. Wysokość wybuchu będzie więc 6-10 i więcej razy większa od promienia kuli ognistej, to znaczy, że wybuchy neutronowe można zaliczyć do wysokich powietrznych. Wysokość wybuchu neutronowego /równa i większa 150 m/ spełnia zależność:

$$H \geq 21 \sqrt[3]{q} \quad \dots 4$$

gdzie H - wysokość wybuchu w m ;

q - moc wybuchu w kt.

Czas świecenia kuli ognistej jest tym dłuższy im większa jest moc wybuchu jądrowego. Świecenie kuli ognistej związane jest z temperaturą gazów na jej powierzchni. Temperatura ta ulega charakterystycznym wahaniom: wzrost, obniżenie i ponowny wzrost. Czas występowania ekstremalnych punktów temperaturowych /intensywności świecenia / związany jest z mocą wybuchu następującymi zależnościami :

x/ - wysokości te potwierdza również analiza zależności dawki promieniowania przenikliwego od wysokości wybuchu /patrz pkt. 3.3.6.5 str. 85/

$$t_{\min} = 0,025 \cdot q^{0,5} \quad \dots 5$$

$$t_{\max}^{\text{II}} = 0,032 \cdot q^{0,5} \quad \dots 6$$

$$t_c = \sqrt[3]{q} \quad \dots 7$$

gdzie t_{\min} - czas wystąpienia minimum temperaturowego, s ;

t_{\max}^{II} - czas wystąpienia drugiego maksimum temperaturowego, s ;

t_c - całkowity czas świecenia kuli ognistej, s ;

q - moc wybuchu jądrowego, kt.

Uwzględniając zmniejszenie mocy termodynamicznej ładunku neutronowego w stosunku do rozszczepieniowego o tej samej mocy ogólnej ze wzorów 5-7 można obliczyć , że podczas wybuchu ładunku neutronowego ekstremalne punkty temperaturowe występują w czasie po wybuchu :

- minimum temperatury około - 0,018 s ;
- drugie maksimum temperatury około - 0,023 s ;
- koniec świecenia kuli ognistej - 0,8 s .

Obliczone na podstawie wzorów 5-7 ekstremalne punkty temperaturowe kuli ognistej, utworzonej podczas wybuchu ładunków

neutronowego i rozszczepieniowego o mocy 1kt, przy założeniu, że moc termodynamiczna ładunku neutronowego jest o połowę mniejsza od mocy termodynamicznej ładunku rozszczepieniowego, zestawione są w tabeli nr 1

Tabela 1

Minimum temperatury, drugie maksimum temperatury i koniec świecenia kuli ognistej wybuchów neutronowego i rozszczepieniowego o mocy 1 kt.

Rodzaj ładunku	t_{\min} /s/	$t_{\max II}$ /s/	t_c /s/
Neutronowy	0,018	0,023	0,8
Rozszczepieniowy	0,025	0,032	1

Rozgrzane i silnie sprężone gazy w strefie reakcji jądrowej rozszerzają się powodując sprężenie coraz to nowych warstw powietrza i wprawiając go w ruch. Zaburzenia te rozprzestrzeniają się z prędkością naddźwiękową we wszystkich kierunkach od środka wybuchu. Powstaje fala uderzeniowa wybuchu jądrowego. W początkowej fazie jej rozwoju czoło fali uderzeniowej stanowi powierzchnię kuli ognistej. Po pewnym czasie fala uderzeniowa odrywa się od powierzchni kuli ognistej, jest to moment wystąpienia minimum temperaturowego kuli ognistej/dla wybuchu neutronowego o mocy 1kt po około 0,018 sekundy/. W miarę oddalania się fali uderzeniowej od miejsca wybuchu ciśnienie i prędkość ruchu zmniejszają się i fala uderzeniowa przechodzi w falę akustyczną.

Fala akustyczna rozprzestrzenia się w powietrzu ze stałą prędkością około 330 km/s, na odległości sięgające setek kilometrów od wybuchu. W jednorodnej atmosferze amplitu-

da fali akustycznej /fala ciśnienia powietrza/ jest wprost proporcjonalna do pierwiastka sześciennego z mocy i odwrotnie proporcjonalna do odległości. Stan atmosfery ma jednak poważny wpływ na amplitudę fali akustycznej, która realnie może być do 5 razy mniejsza /większa/ od obliczonej teoretycznie. Amplituda fali akustycznej związana jest z mocą termodynamiczną, a więc w przypadku wybuchu neutronowego będzie około 0,8 razy mniejsza niż rozszczepieniowego o tej samej mocy ogólnej.

Jednocześnie z powstaniem fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego ze strefy wybuchu jądrowego emitowany jest silny strumień neutronów i promieniowania gamma - tzw. promieniowanie przenikliwe.

Kula ognista w końcowej fazie świecenia przekształca się w obłok promieniotwórczy wybuchu jądrowego. Początkowo obłok jest kłębiącą się masą ciemnego dymu, a w miarę ochładzania się i kondensacji zawartej w nim pary wodnej, staje się coraz jaśniejszy. Centralna część obłoku unosi się do góry szybciej niż warstwy zewnętrzne i obłok przybiera kształt wirującego pierścienia. Szybkie wznoszenie się obłoku i nagrzanie się powietrza przy ziemi powoduje ruch wstępujący powietrza ku środkowi obłoku. Powietrze to unosi z ziemi duże ilości pyłu. Cząstki pyłu zawarte w obłoku promieniotwórczym po ochłodzeniu się i opadnięciu na ziemię powodują skażenie promieniotwórcze terenu i znajdujących się na nim obiektów. Przy wybuchu neutronowym, podobnie jak przy wysokich powietrznych wybuchach ładunków rozszczepieniowych, unoszony z ziemi słup pyłowy nie łączy się z obłokiem. Maksymalną wysokość wzniesienia obłoku i jego wymiary można obliczyć ze wzorów :

$$\begin{aligned}
 H_{\max} &= 3325 \cdot q^{0,4} + h && \dots\dots 8 \\
 D_{\max} &= 1800 \cdot q^{0,4187} && \dots\dots 9 \\
 L_{\max} &= 1000 \cdot q^{0,4187} && \dots\dots 10
 \end{aligned}$$

gdzie H_{\max} - maksymalna wysokość wzniesienia się górnej krawędzi obłoku, m ;

D_{\max} - maksymalna średnica czasy obłoku, m ;

L_{\max} - maksymalna wysokość/grubość/ obłoku, m ;

q - moc wybuchu, kt ;

h - wysokość wybuchu, m .

Obliczone ze wzorów 8-10 maksymalne wysokości wzniesienia się i wymiary obłoku promieniotwórczego wybuchu jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego o mocy 1kt, przy założeniu, że moc termodynamiczna ładunku neutronowego jest o połowę mniejsza niż rozszczepieniowego, zestawione są w tabeli 2s

Tabela 2

Maksymalne wysokości wzniesienia się i maksymalne wymiary obłoków promieniotwórczych wybuchów neutronowego i rozszczepieniowego o mocy 1 kt/wysokość wybuchu 150m/

Rodzaj ładunku	H_{\max} /km/	D_{\max} /km/	L_{\max} /km/
Neutronowy	2,8	1,5	0,8
Rozszczepieniowy	3,5	1,8	1,0

Wybuchy jądrowe podziemne/podwodne/,naziemne i powietrzne /na niezbyt dużej wysokości/ wytwarzają fale sejsmiczne podobne do fal spowodowanych trzęsieniem ziemi.Fale sejsmiczne od wybuchów neutronowych będą zbliżone do fal od powietrz-

nych wybuchów rozszczepieniowych małych mocy.

Kolejnym zjawiskiem fizycznym towarzyszącym wybuchowi jądrowemu/neutronowemu/ jest impuls elektromagnetyczny . Impuls elektromagnetyczny, lub "błysk radiowy" jest wynikiem co najmniej dwóch różnych mechanizmów . Pierwszy zwany jest "modelem elektronu Comptona", a drugi "modelem przemieszczenia pola".

Mechanizm powstawania impulsu elektromagnetycznego wg. modelu elektronu Comptona związany jest z mocą radiacyjną wybuchu^{x/}, a wg. modelu przemieszczenia pola - z mocą termodynamiczną. Podczas wybuchu ładunku neutronowego następuje wzmocnienie impulsu elektromagnetycznego, powstającego wg. modelu pierwszego i osłabienie - powstającego wg. modelu drugiego. W konsekwencji impuls elektromagnetyczny wybuchu neutronowego jest w przybliżeniu taki sam jak rozszczepieniowego / o tej samej mocy ogólnej/.

Wybuchom jądrowym towarzyszą również takie zjawiska fizyczne, jak: powstawanie chmury kondensacyjnej, jarzenie powietrza w pobliżu obłoku promieniotwórczego , jonizacja atmosfery i jej wpływ na rozchodzenie się fal radiowych, powstawanie zorzy polarnej i inne. Niektóre z tych zjawisk również będą obserwowane podczas wybuchów neutronowych lecz ze względu na małą moc wybuchu intensywność ich będzie niewielka .

2.2. Podział energii na poszczególne czynniki rażenia wybuchu neutronowego.

Z opisanych w punkcie 2.1 zjawisk fizycznych wynika, że

x/ - ilością energii przypadającej na promieniowanie jądrowe /w tym promieniowanie przenikliwe/.

w czasie wybuchu ładunku neutronowego wystąpią takie same czynniki rażenia jak podczas wybuchu ładunku rozszczepieniowego, tj. fala uderzeniowa, promieniowanie świetlne, promieniowanie przenikliwe i promieniotwórcze skażenie terenu. Wybuchowi neutronowemu towarzyszy również impuls elektromagnetyczny. Z różnic w intensywności poszczególnych zjawisk występujących przy różnych ładunkach /neutronowym i rozszczepieniowym / można wnioskować, że wystąpią różnice w intensywności, a więc i w zasięgu oddziaływania, poszczególnych czynników rażenia. Broń neutronową wyróżnia spośród pozostałych rodzajów broni jądrowej odmienny rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia i związana z tym odmienna struktura i rozmiary strat przy określonej /jednakowej/ mocy wybuchu:

Obliczmy kolejno jaka ilość energii przypada na poszczególne czynniki rażenia w przypadku wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji rozszczepienia i w przypadku wybuchu jądrowego opartego na zasadzie reakcji syntezy/termojądrowego/.

Podział energii uzyskiwanej podczas wybuchu **ł a d u n k u r o z s z c z e p i e n i o w e g o** przeanalizujemy na przykładzie rozszczepienia uranu 235. Niech w czasie rozszczepienia uranu 235 powstaną dwa, mniej więcej równe jądra. Ciężar atomowy każdego z nich w przybliżeniu wyniesie $235 : 2 = 117$. Z wykresu zamieszczonego na rysunku 1 odczytujemy energie wiązania przypadające na jeden nukleon substratów i produktów reakcji. Ciężarowi atomowemu 235 odpowiada 7,6, a ciężarowi 117 odpowiada 8,5 MeV. Energię, która wydzieli się w jednym akcie podziału jądra obliczymy z różnicy sumarycznej energii wiązania produktów i substratów reakcji :

$$E = 2 \times 8,5 \times 117 - 1 \times 7,6 \times 235 = 1988 - 1786 = 202 \text{ MeV}$$

Rozszczepienie jądra na fragmenty może przebiegać w różny sposób. Po przeprowadzeniu obliczeń dla szeregu innych przypadków podziału jądra okazuje się, że całkowita ilość energii przypadająca na jeden akt rozszczepienia zmienia się tylko nieznacznie. Średnio, przy podziale jądra wydziela się 200 ± 6 MeV energii, tj. około 0,85 MeV na jeden nukleon. Podział tej energii na fragmenty rozszczepienia i różne promieniowanie zestawiony jest w tabeli 3.

Tabela 3

Podział energii rozszczepienia na poszczególne produkty reakcji.x/

Rodzaj energii	Ilość energii, MeV
Energia kinetyczna fragmentów rozszczepienia	165 ± 5
Energia początkowego promieniowania gamma	7 ± 1
Energia kinetyczna neutronów rozszczepieniowych	$5 \pm 0,5$
Energia cząstek beta produktów rozszczepienia	7 ± 1
Energia promieniowania gamma produktów rozszczepienia	6 ± 1
Energia neutronów produktów rozszczepienia	10 ± 0
Całkowita energia rozszczepienia	200 ± 6

x/ - wzięto z S. Glasstone. Skutki działania broni jądrowej. PTJ Dod. Nr 23/131/, 1963r.

Energia kinetyczna fragmentów rozszczepienia i neutronów rozszczepieniowych, początkowego promieniowania gamma oraz część energii promieniowania gamma produktów rozszczepienia wydziela się w momencie wybuchu w postaci fali uderzeniowej, promieniowania cieplnego/światlnego/ i promieniowania przenikliwego:

Rozlatujące się na wszystkie strony w momencie wybuchu nowo utworzone jądra atomowe/ fragmenty rozszczepienia/ są stosunkowo dużymi cząstkami i dzięki temu są hamowane w gęstej atmosferze w niewielkiej odległości od punktu zerowego. Ich energia kinetyczna w 100 procentach zamienia się w energię termiczną - powstaje strefa świecenia, a następnie sprężenie ośrodka. Początkowe promieniowanie gamma wyprzedza proces powstawania kuli ognistej i ta jego część, która nie została pochłonięta w materiale bomby również zostaje znacznie osłabiona w gęstej atmosferze w niewielkiej odległości od punktu zerowego. Ocenia się, że 99% energii początkowego promieniowania gamma, w wyniku procesów hamowania i pochłaniania w materiale konstrukcyjnym ładunku i przylegających do wybuchu warstw atmosfery, zamienia się w ciepło. Pozostała część, tj. około 1%, stanowi udział energetyczny promieniowania przenikliwego. Neutrony rozszczepieniowe, hamowane są także w materiale konstrukcyjnym i w powietrzu. W przybliżeniu 70-90% ich energii kinetycznej zamienia się w energię termiczną, z czego 50-70% w wyniku oddziaływania z materiałem konstrukcyjnym ładunku. Pozostała część energii neutronów rozszczepieniowych /10-30%/ stanowi udział energetyczny promieniowania przenikliwego.

Cząstki beta i neutrino produktów rozszczepienia emit-

wane są od momentu zniszczenia skorupy bomby w ciągu bardzo długiego czasu po wybuchu. Największa intensywność emisji tych cząstek przypada na pierwsze dziesiątki sekund po wybuchu. Energia ich zmienia się w energię termiczną. Pozostała część energii wchodzi w skład energii promieniotwórczego skażenia terenu. Energia promieniowania gamma produktów rozszczepienia rozkłada się na promieniowanie przenikliwe/ około 3,3 MeV wypromieniowywane w ciągu pierwszej minuty po wybuchu/ i promieniotwórcze skażenie terenu /pozostałe 2,5 MeV/.

Na podstawie powyższych ustaleń można obliczyć ilość energii przypadające na energię termiczną oraz początkowe i resztkowe promieniowania jądrowe.

W postaci energii termicznej wydzielą się 100% energii kinetycznej fragmentów rozszczepienia, 99% energii początkowego promieniowania gamma i około 80% energii kinetycznej neutronów rozszczepieniowych, tj:

$$E_t = \frac{165 \times 1 + 7 \times 0,99 + 5 \times 0,8}{200} \times 100 = 88\%$$

W postaci promieniowania początkowego wydzielą się 1% energii początkowego promieniowania gamma, i 20% energii neutronów rozszczepieniowych.

$$E_{pp} = \frac{7 \times 0,01 + 5 \times 0,2}{200} \times 100 = 1\%$$

W postaci promieniowania resztkowego wydzielą się 100% energii cząstek beta, neutronów i promieniowania gamma:

$$E_{pr} = \frac{7 \times 1 + 6 \times 1 + 10 \times 1}{200} \times 200 = 11,5\%$$

Energia termiczna zużytkowuje się na promieniowanie, ciepłone, falę uderzeniową i ciepło obłoku promieniotwórczego.

Energia promieniowania jądrowego początkowego w całości wchodzi w skład energii promieniowania przenikliwego, z której w następnej kolejności pewna część wypromieniowywana jest w postaci impulsu elektromagnetycznego. Energia promieniowania resztkowego w znacznej części /kilka procent/ wchodzi w skład promieniowania przenikliwego, a pozostała część stanowi o promieniotwórczym skażeniu terenu. Ponadto w skład promieniotwórczego skażenia terenu wchodzi nieprzereagowane paliwo jądrowe i promieniotwórczość wzbudzona. W ostateczności rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia podczas powietrznego wybuchu rozszczepieniowego ładunku jądrowego przedstawia się następująco:

- powietrzna fala uderzeniowa - 35%
- promieniowanie świetlne - 35%
- promieniowanie przenikliwe - 5%
- rozpad promieniotwórczy - 6%
- impuls elektromagnetyczny - do 1 %
- ciepło obłoku promieniotwórczego - 19%

Powyższy rozkład energii, podany przez W. Łogaczewa ^{x/} na podstawie źródeł zachodnich, obok czynników rażenia uwzględnia również ciepło obłoku utworzonego przy wybuchu jądrowym. W większości materiałów spotyka się nieco inny podział ^{xx/}:

- fala uderzeniowa - 50%
- promieniowanie cieplne - 35%
- promieniowanie przenikliwe - 5%
- promieniotwórcze skażenie terenu - 10%

Zauważamy, że rozbieżności pomiędzy tymi danymi są tylko pozorne. W obu wypadkach ilość energii wydzielająca się w pos-
^{x/} - W. Łogaczew, Nejtromnaja bomba, "Wojennyj Wiestnik" 1/1978
^{xx/} - S. Glasstone, Skutki działania broni jądrowej PBJ Dod. 23/1963

taci ciepła i ciśnienia /moc termodynamiczna/ wynosi około 85%, co jest zgodne z wcześniej dokonanym przez nas obliczeniem. Ostateczny sposób wydzielenia się tej energii zależy już zasadniczo od warunków wybuchu. Również ilości energii wydzielonej w postaci promieniowania przenikliwego i promieniotwórczego skażenia terenu /moc radiacyjna/ są tego samego rzędu i w zgodności z teoretycznymi obliczeniami. Na wielkości te również wywierają wpływ warunki wybuchu, w szczególności na promieniotwórcze skażenie terenu. W drugim przypadku nie uwzględniony został impuls elektromagnetyczny, co jest w pewnej mierze uzasadnione, gdyż jak zaznaczyliśmy, jest on głównie konsekwencją promieniowania przenikliwego. Na zakończenie analizy podziału energii uzyskiwanej w ładunku rozszczepieniowym, ze względu na przedmiot rozważań /broń neutronowa/ warto zwrócić uwagę na udział energetyczny neutronów. Na promieniowanie przenikliwe przypada od $5 \times 10^3 : 200 = 0,25$ do $5 \times 30^3 : 200 = 0,75\%$ energii enutronów rozszczepieniowych. Średnio jest to jedna dziesiąta część energii promieniowania przenikliwego. Pozostała energia /ok. 4,5% ogólnej/ unoszona jest przez kwanty promieniowania gamma.

Podział energii na poszczególne czynniki rażenia uzyskiwanej podczas reakcji s y n t e z y zależy od rodzaju substratów i typu reakcji jądrowej:

Substratami reakcji syntezy mogą być ciężkie izotopy wodoru: deuter ^2H , tryt ^3H i lit ^6Li :

Pierwiastki te mogą łączyć się ze sobą w różny sposób w reakcjach egzoenergetycznych, tworząc trwalsze struktury - przeważanie jądro helu ^3He i ^4He . A oto przykłady typowych reakcji

syntezy :

1. ${}^2\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + n + 3,2 \text{ MeV}$
2. ${}^2\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{H} + {}^1\text{H} + 4 \text{ MeV}$
3. ${}^3\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^4\text{H} + n + 17,6 \text{ MeV}$
4. ${}^3\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + 2n + 11,3 \text{ MeV}$
5. ${}^6\text{Li} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma + 22,4 \text{ MeV}$
6. ${}^6\text{Li} + n \rightarrow {}^4\text{He} + {}^3\text{H} + 4,6 \text{ MeV}$

Najbardziej prawdopodobnym jest wykorzystanie w ładunku neutronowym mieszaniny deuteru i trytu^{x/}, co oznacza, że źródłem energii są jednocześnie zachodzące reakcje 1-4. Za podstawową należy jednak przyjmować reakcję 3. Reakcja ta charakteryzuje się stosunkowo najmniejszą trudnością w inicjowaniu i przebiega w danej temperaturze z ponad 100 krotnie większą szybkością w stosunku do pozostałych. Z tych względów, jak również dla uproszczenia obliczeń, bez obawy popełnienia dużych błędów reakcję syntezy deuteru i trytu można wybrać jako przykładową do przeanalizowania podziału energii na poszczególne czynniki rażenia podczas wybuchu ładunku termojądrowego.

Rozpocznijmy, jak poprzednio, od obliczenia ogólnej ilości energii uzyskiwanej w jednym akcie syntezy. Ciężary atomowe reagentów wynoszą: deuteru - 2, trytu - 3, helu - 4. Z wykresu na rysunku 1 odczytujemy energie wiązania przypadające na jeden nukleon substratów i produktów reakcji. Ciężarowi atomowemu 2 odpowiada 1,09; ciężarowi 3 odpowiada 2,76, a ciężarowi 4 odpowiada 7,03 MeV na nukleon. Energię, która wydzieli się w jednym akcie syntezy deuteru i trytu, obliczymy z różnicy sumarycznych energii wiązania produktów i substratów reakcji.

x/ - H. Gaertner Neutrony środkiem walki, Wehrtechnik 2/1977

$$E = 4 \times 7,03 - / 2 \times 1,09 + 3 \times 2,78 / = 17,6 \text{ MeV}$$

W jednym akcie syntezy otrzymujemy 17,6 MeV energii, co w przeliczeniu na jeden nukleon wynosi 3,52 MeV. Warto zwrócić uwagę, że z reakcji rozszczepienia otrzymaliśmy tylko 0,85 MeV na nukleon. Co oznacza, że na jednostkę masy reagentów, np. na kilogram, z reakcji syntezy otrzymujemy ponad czterokrotnie więcej energii.

Podział energii wyzwolonej w reakcji syntezy na poszczególne produkty tej reakcji przedstawiony jest w tabeli 4.

Tabela 4

Podział energii syntezy deuteru i trytu na poszczególne produkty reakcji.

Rodzaj energii	Ilość energii, MeV
Energia kinetyczna cząstki alfa/jądra helu/	3,6
Energia kinetyczna neutronu	14
Całkowita energia syntezy	17,6

Utworzone w reakcji syntezy jądro helu unosi 3,6 MeV, tj. 20% całkowitej energii otrzymanej w jednym akcie syntezy. Jądro helu jest stosunkowo dużą cząstką i w wyniku zderzeń z cząsteczkami powietrza jest zahamowane w niewielkiej odległości od punktu zerowego wybuchu. Cała jego energia przekazywana jest cząsteczkom otoczenia, tj. w 100 procentach zamienia się w energię termiczną. Neutron unosi 14 MeV, tj. 80% całkowitej energii. Gdyby przyjąć, że wszystkie neutrony opuszczają bez straty energii środowisko reakcji to 80% energii wybuchu wy-

buchu wydzieliłoby się w postaci promieniowania przenikliwego. Tak jednak nie jest. Neutrony oddziałują z materiałem konstrukcyjnym bomby i tracą część swojej energii, która zamienia się w ciepło. Ilość energii traczonej przez neutrony w znacznym stopniu zależy od konstrukcji bomby i rodzaju użytych materiałów. W literaturze brak jest konkretnych danych na ten temat. Jest jednak rzeczą niewątpliwą, że materiały konstrukcyjne są tak dobierane aby straty energii neutronów były minimalne. Ocenia się, że neutrony tracą w środowisku reakcji 10-40% energii. Pozwala to oszacować rozkład procentowy energii wybuchu na ciepło i promieniowanie przenikliwe. W postaci energii termicznej wydzielili się 100% energii kinetycznej cząstek alfa i 10-40% energii kinetycznej neutronów, tj. 30-50% ogółu energii wybuchu. Pozostała część /50-70%/ przypadnie na promieniowanie przenikliwe. Schemat ten jest bardzo uproszczony, gdyż w rzeczywistości w środowisku reakcji zachodzą bardziej skomplikowane procesy /aktywacja neutronami materiału bomby i otoczenia, emisja promieniowania gamma, generowanie impulsu elektromagnetycznego i inne/. Rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia i ciepło obłoku, przy uwzględnieniu minimalnej straty energii przez neutrony i realnych warunków wybuchu /wybuch wykonany w gęstej atmosferze/ może być następujący^{x/}:

- powietrzna fala uderzeniowa	-	8%
- promieniowanie świetlne	-	8%
- promieniowanie przenikliwe	-	70%
- impuls elektromagnetyczny	-	1%
- ciepło obłoku	-	14%

Można poczynić dalsze uproszczenia powyższego schematu podziału

x/ W Łogaczew, Niejtronnaja bomba, "Wojennyj Wiestnik" 1/1978.

energii przyjmując, że 70% to promieniowanie przenikliwe a pozostałe 30% rozkłada się, podobnie jak przy ładunku rozszczepieniowym, na falę uderzeniową i promieniowanie ciepłe w stosunku 5 do 3,5, wówczas otrzymamy:

- | | |
|------------------------------|-------|
| - fala uderzeniowa | - 18% |
| - promieniowanie ciepłe | - 12% |
| - promieniowanie przenikliwe | - 70% |

Powyższy, przybliżony podział energii uzyskany byłby w "czystym" ładunku termojądrowym, tj. bez udziału inicjującego wybuch ładunku rozszczepieniowego. Ładunek neutronowy posiada ponadto zapalnik w postaci niewielkiego ładunku rozszczepieniowego, którego udziału w tworzeniu energii wybuchu nie można pominąć. Wybuch tego ładunku powoduje skażenie promieniotwórcze terenu i zwiększa ilość energii wydzielanej w postaci fali uderzeniowej i promieniowania ciepłego.

Stosunek ilości energii wydzielonej z reakcji syntezy, do całej energii wybuchu o danej mocy nazywa się współczynnikiem "termojądrowości" K_t . Dla ładunków neutronowych wielkość tego współczynnika bliska jest wartości 0,9-0,95^{x/}. Współczynnik ten pozwala bez trudu wyznaczyć rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia wydzielonej podczas wybuchu ładunku neutronowego /tabela 5/:

Na podstawie tabeli 5, oraz uwzględniając, że wszystkie obliczenia oparte są na szacunkowych danych, można rekomendować dla niezbyt precyzyjnych kalkulacji podział energii na

x/ - W. Łogaczew, Neutronnaja bomba. "Wojennyj Wiestnik" 1/1978.

poszczególne czynniki rażenia ładunku neutronowego w stosunku do rozszczepieniowego :

- na falę uderzeniową 2-5 razy mniej ;
- na promieniowanie cieplne 2-3 razy mniej ;
- na promieniowanie przenikliwe około dziesięciokrotnie więcej ;
- na skażenie promieniotwórcze terenu około dziesięciokrotnie mniej.

Tabela 5

Obliczenie rozkładu energii na czynniki rażenia wybuchu ładunku neutronowego.

Czynniki rażenia	Rodzaj reakcji jądrowej		
	Rozszczepienie	Synteza	Rozszczepienie i synteza /ładunek neutronowy/
Fala uderzeniowa	50	8-18	11-21
Promieniowanie cieplne	35	8-12	10-14
Promieniowanie przenikliwe	5	70	62-67
Promieniotwórcze skażenie terenu	10	-	~ 1

Wnioski te mogą być przydatne podczas oceny skutków rażącego działania ładunków neutronowych. Umożliwiają one korzystanie ze znanych już zależności zasięgu rażącego działania poszczególnych czynników rażenia broni jądrowej/rozszczepieniowej/ od mocy wybuchu. Przykładowo, dla określenia zasięgu rażącego działania fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego ładunku neutronowego odczytujemy z tabel /nomogramów, wykresów/ lub

obliczamy ze wzorów zasięgi tych czynników rażenia dla odpowiednio mniejszej mocy ładunku rozszczepieniowego.

Podobny tok postępowania można stosować przy wyznaczaniu rozmiarów skażenia promieniotwórczego terenu na śladzie obłoku promieniotwórczego. Korzystamy wtedy z danych dla powietrznego wybuchu jądrowego o dziesięciokrotnie mniejszej mocy. Zasięg rażącego działania promieniowania przenikliwego nie może być określony z powyższych zależności. Przy ocenie rażącego działania promieniowania przenikliwego na ludzi i urządzenia radioelektroniczne oraz do obliczeń aktywacji metali należy uwzględniać inny skład promieniowania/większy udział neutronów/ inną jego energię, a więc i inną skuteczność biologiczną. Również skażenie promieniotwórcze w rejonie wybuchu, powodowane wzbudzeniem aktywności w glebie strumieniem neutronów, będzie inne /większe/ niż przy wybuchu rozszczepieniowym. Z grubsza można ocenić, że udział energetyczny neutronów w ładunku neutronowym jest 100 razy większy niż w rozszczepieniowym o tej samej mocy. W dalszej części opracowania będzie szczegółowo rozpatrzony problem rażącego działania poszczególnych czynników rażenia ładunku neutronowego.

3. Charakterystyka czynników rażenia wybuchu neutronowego.

Charakterystykę czynników rażenia wybuchu neutronowego przeprowadzimy w tradycyjnej kolejności: fala uderzeniowa, promieniowanie cieplne, promieniowanie przenikliwe i skażenie promieniotwórcze terenu. Ze względu na przedmiot badań - broń neutronowa - bardziej wnikliwie i wszechstronnie rozpatrzone

zostanie tylko promieniowanie przenikliwe /jako podstawowy czynnik rażenia tej broni/. Opis pozostałych czynników ograniczony zostanie do niezbędnego minimum, aby na tym tle można było wykazać różnice w działaniu danego czynnika rażenia broni neutronowej i rozszczepieniowej:

3.1. Fala uderzeniowa :

W zależności od rodzaju ośrodka rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej rozróżniamy : powietrzną falę uderzeniową, falę uderzeniową w wodzie i falę uderzeniową w ziemi /falę sejsmiczną/. Z punktu widzenia rażącego działania wybuchu neutronowego istotne znaczenie ma tylko powietrzna fala uderzeniowa. Powietrzną falę uderzeniową nazywamy rozprzestrzeniającą się we wszystkich kierunkach od miejsca wybuchu zgęszczenie , a następnie rozrzedzenie powietrza, tj. strefę nadciśnienia i następującą po niej strefę podciśnienia :

Największe ciśnienie występuje na zewnętrznej granicy strefy nadciśnienia. Granicę tą nazwano czołem fali uderzeniowej. Przejście czoła fali uderzeniowej wybuchu jądrowego średniej i dużej mocy powoduje najwięcej zniszczeń /uszkodzeń/ sprzętu bojowego i obiektów terenowych oraz urazów odniesionych przez ludzi. W rejonach wybuchów jądrowych średnich i dużych mocy zasięg rażącego działania fali uderzeniowej, szczególnie na obiekty mniej odporne mechanicznie i ludzi odkrytych, jest znacznie większy od zasięgu oddziaływania pozostałych czynników rażenia. W rejonie wybuchu neutronowego rażące i niszczące działanie fali uderzeniowej ma znaczenie drugorzędne.

Rażące działanie fali uderzeniowej charakteryzuje

się kilkoma parametrami, występującymi na jej czole.
 Najważniejsze z nich to: nadciśnienie / Δp_f / , prędkość ruchu
 czoła fali / D / , prędkość powietrza / U_f / i temperatura / t / .

Parametry te zależą od mocy ładunku jądrowego/neutronowego/
 i odległości od wybuchu. Są one ściśle ze sobą powiązane i
 ich wzajemna zależność dotyczy wszystkich mocy ładunków
 i wszystkich odległości /tabela 6/.

Tabela 6

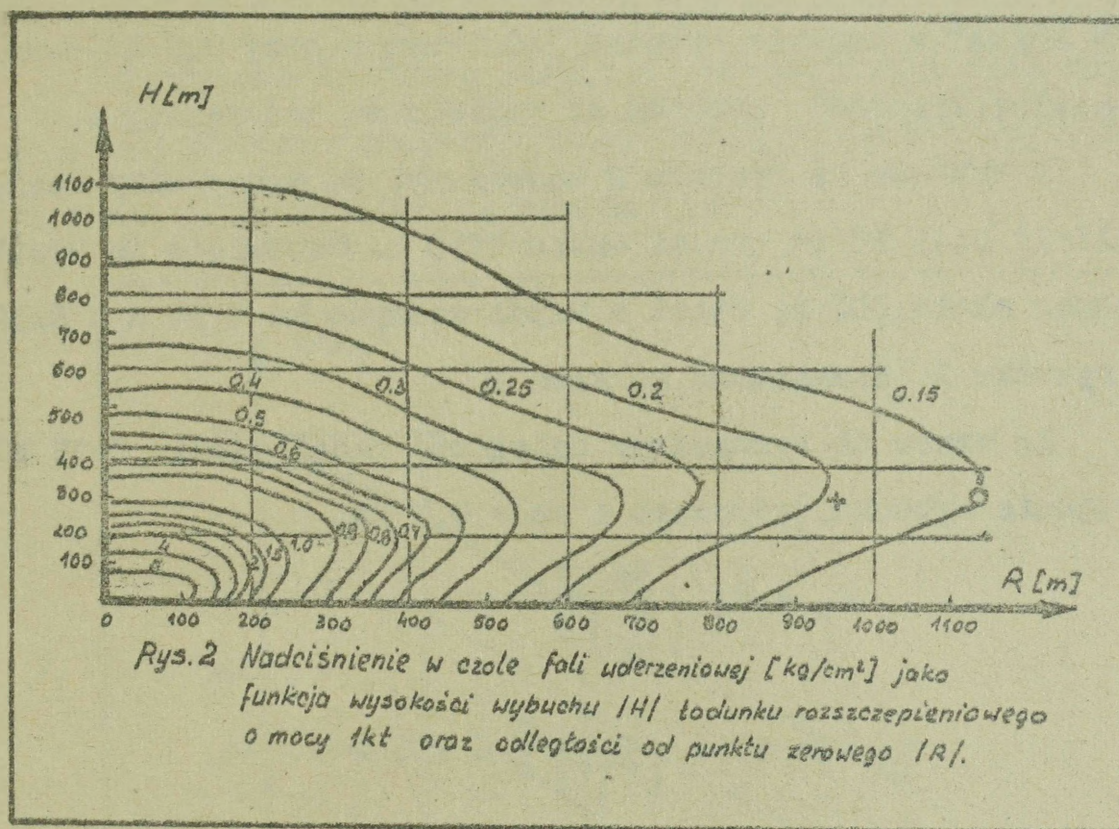
Współzależność podstawowych parametrów
 fali uderzeniowej.

ΔP_f /KG/cm ² /	D /m/s/	U_f /m/s/	t /°C/
0,01	341,4	2,3	15,8
0,05	347	10	19
0,1	354	23	23
0,2	367	44	30
0,5	404	99	50
1	460	174	80
2	555	287	132
5	772	518	279
10	1040	772	514
20	1430	1120	977

Dzięki istnieniu współzależności podstawowych parametrów
 na czole fali uderzeniowej, na podstawie charakterystyki jednego
 z nich można scharakteryzować powstałe, tj. dokonać pełnego
 opisu rażącego działania fali uderzeniowej, jako funkcji
 mocy i wysokości wybuchu oraz oddalenia rażonych obiektów od

punktu zerowego.

Rażące działanie fali uderzeniowej charakteryzuje się impulsem nadciśnienia Δp_f . Zależność nadciśnienia od wysokości i odległości od wybuchu ładunku rozszczepieniowego o mocy 1kt, wykonanego nad płaską powierzchnią ziemi /nad wodą/ zilustrowano na rysunku 2:



Izolinie nadciśnienia w rejonach wybuchów jądrowych o innych mocach można wyznaczyć z tzw. prawa podobieństwa wybuchów:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \dots 14$$

gdzie R_1 - odległość znana /np. dla $q=1kt/$;

R_2 - odległość szukana ;

H_1 - wysokość znana ;

H_2 - wysokość szukana ;

q_1 - moc wybuchu ładunku , dla którego
znane są R i H ;

q_2 - moc wybuchu ładunku, dla którego
szukamy R i H ;

Dla przykładu wyznaczmy maksymalny zasięg nadciśnienia $0,15 \text{ kg/cm}^2$ w rejonie wybuchu jądrowego o mocy $0,5 \text{ kt}$ oraz optymalną wysokość wybuchu ze względu na ten zasięg :

Z wykresu na rysunku 2 zauważamy, że maksymalny zasięg izolacji $0,15 \text{ kg/cm}$ wynosi około 1150 m . Odpowiada to wysokości wybuchu około 300 m . Punkt o współrzędnych $R = 1150 \text{ m}$ i $H = 300$ na rysunku 2 zaznaczono kółkiem :

Ze wzoru 14 wyznaczamy odległość nadciśnienia $0,15 \text{ kg/cm}^2$ w rejonie wybuchu jądrowego o mocy $0,5 \text{ kt}$.

$$R_2 = R_1 \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R_2 = 1150 \left(\frac{0,5}{1} \right)^{\frac{1}{3}} = 950 \text{ m} .$$

oraz wysokość wybuchu :

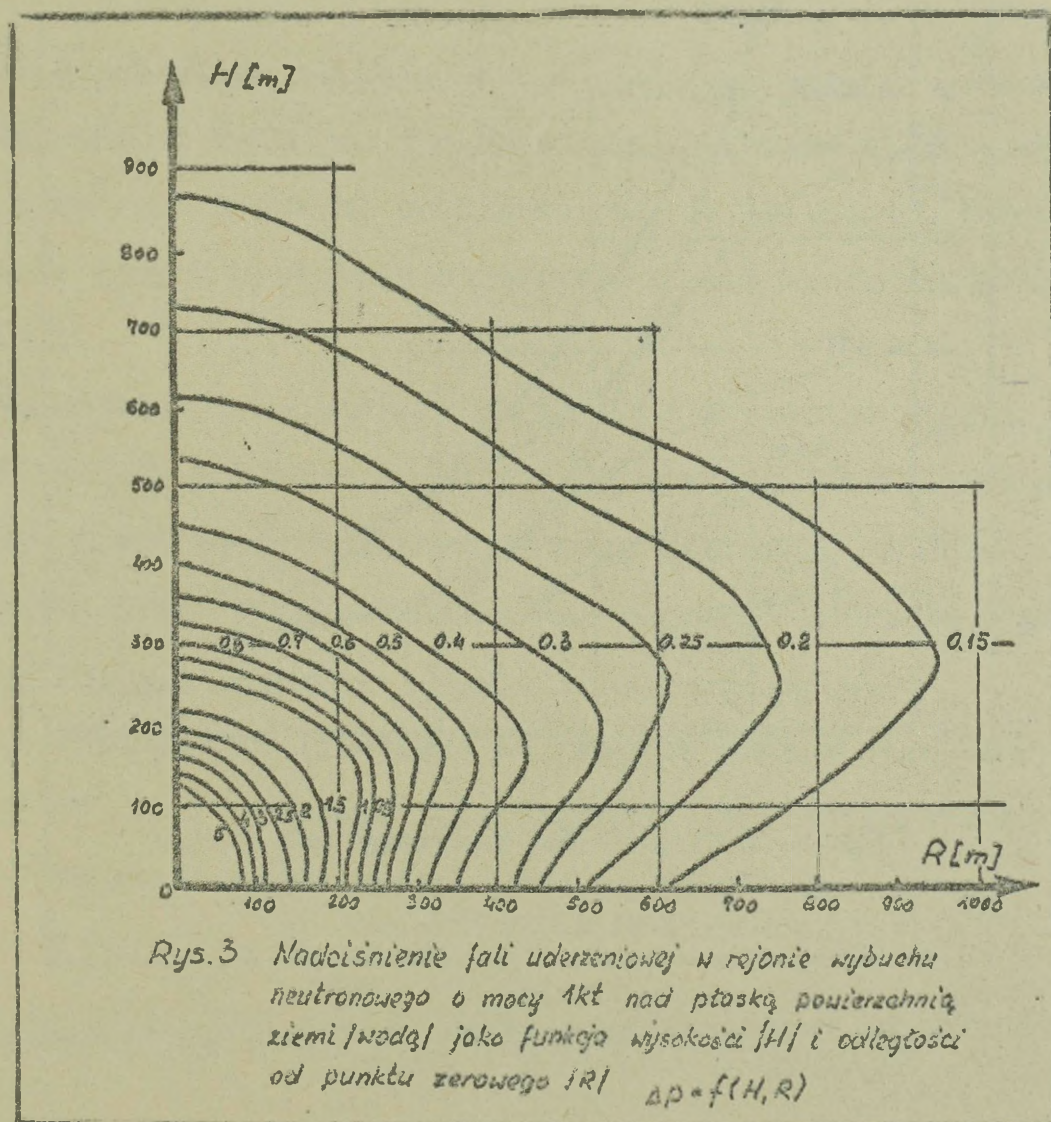
$$H_2 = H_1 \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$H_2 = 300 \left(\frac{0,5}{1} \right)^{\frac{1}{3}} = 280 \text{ m} .$$

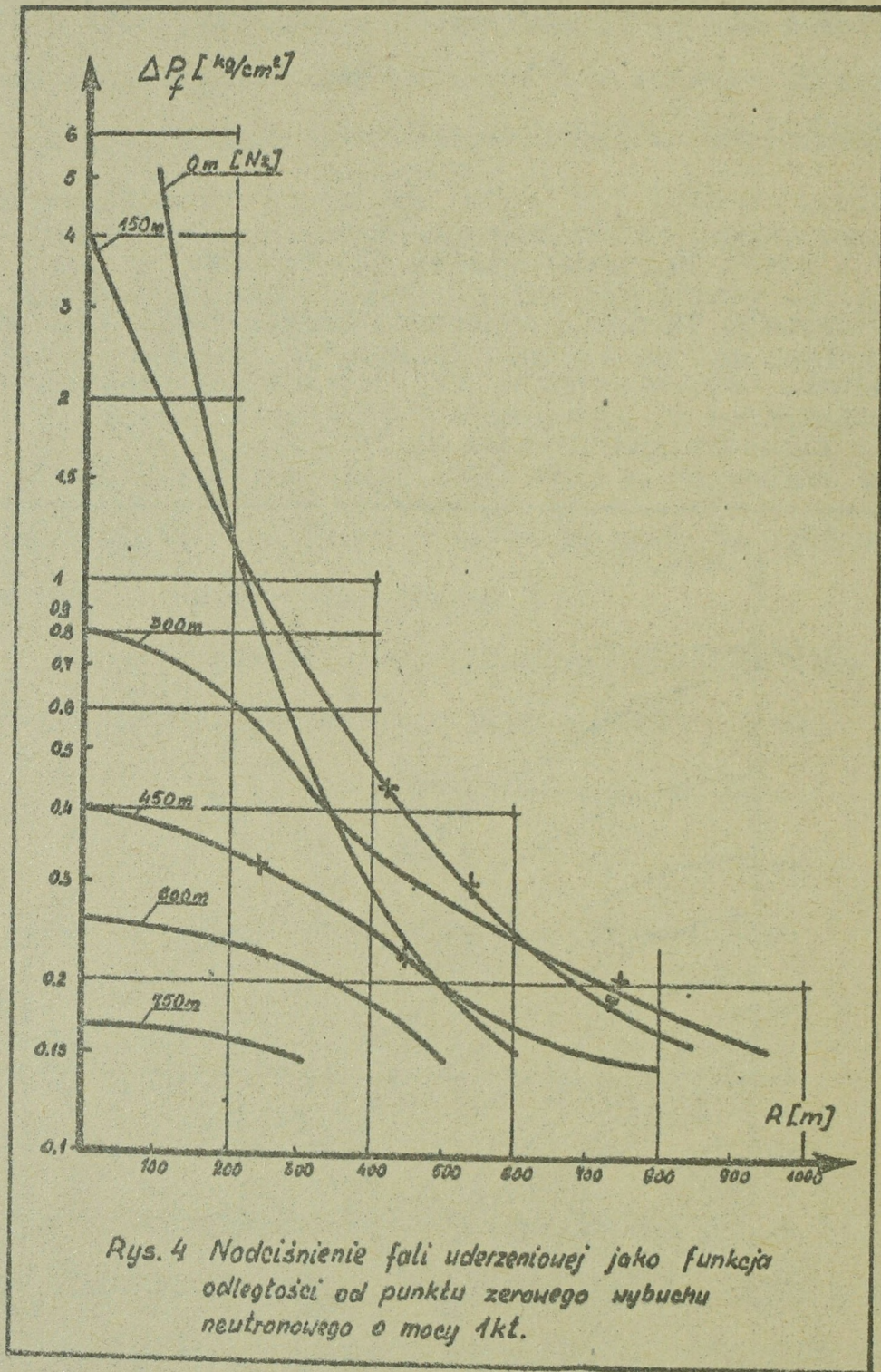
Otrzymałmy punkt o współrzędnych $R = 950 \text{ m}$ i $H = 280 \text{ m}$. Jest to maksymalny zasięg nadciśnienia i optymalna wysokość wybuchu ze względu na to nadciśnienie /punkt zaznaczony krzyżykiem/ :

W punkcie 2:2 wykazaliśmy, że w przypadku wybuchu ładunku neutronowego na fale uderzeniową przypada od 2 do 5 razy mniej energii niż w przypadku wybuchu ładunku rozszczepieniowego o tej samej mocy całkowitej. Przyjmując najbardziej niekorzystny wariant - tylko dwukrotne zmniejszenie energii fali uderzeniowej - nadciśnienie fali uderzeniowej ładunku neutronowego o mocy 1kt można opisać na podstawie wykresów /rys.2/ i wzoru 14', podstawiając $q_2 = 0,5 \text{ kt}$.

Otrzymana tą drogą zależność nadciśnienia fali uderzeniowej ładunku neutronowego o mocy 1kt od odległości i wysokości wybuchu zilustrowana została na rysunku 3.



Do celów praktycznych korzystniej jest sporządzić wykresy nadciśnienia na powierzchni ziemi jako funkcje odległości od punktu zerowego, przy zadanych wysokościach wybuchów /rys.4/:



Rys. 4 Nadciśnienie fali uderzeniowej jako funkcja odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1kt.

Na wykresy na rysunku 4 naniesiono wartości nadciśnienia

fali uderzeniowej ładunku neutronowego o mocy 1 kt, uzyskane z publikacji zachodnich /tabela 7/:

Tabela 7 x/

Odległość /R/ od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1 kt występowania nadciśnienia / p_f w kg/cm^2 / jako funkcja wysokości wybuchu /H/

Wysokość wybuchu, H	R, m		
	$\Delta p_f = 0,46$	$\Delta p_f = 0,31$	$\Delta p_f = 0,25$
150m	427	550	763
450m	0	244	460
900m	0	0	0

Zauważamy, że wykresy nadciśnienia /rys 4/ są w bardzo dobrej zgodności z danymi publikowanymi na zachodzie^{xx}. Powyższe porównanie danych upoważnia do sformułowania następujących wniosków :

1. Potwierdzone zostały obliczenia dotyczące ilości energii wybuchu neutronowego przypadającej na falę uderzeniową, przy czym ilość ta jest bliższa górnej granicy - na falę uderzeniową przy wybuchu ładunku neutronowego przypada o połowę mniej energii niż przy ładunku rozszczepieniowym!

2. Wykresy przedstawione na rysunku 4 mogą stanowić podstawę do oceny rażącego /niszczącego/ działania fali uderzeniowej ładunku neutronowego.

x/ - wzięto z Cohen T. Sam, Nuklearwaffen mit verstärkter Strahlungskomponenten, Europäische Wehrkunde nr 5/78
 xx/ - dane z tabeli 7 zaznaczono na rys. 4 krzyżykami

3.2. Promieniowanie cieplne .

Promieniowaniem cieplnym ^{x/} nazywamy z pewnym uproszczeniem energię wypromieniowaną w czasie wybuchu jądrowego, której źródłem jest kula ognista. Z "uproszczeniem", bo jest to promieniowanie o szerokim zakresie widma - od nadfioletu, poprzez światło widzialne do podczerwieni. Promieniowanie cieplne pochłaniane jest przez przedmioty znajdujące na znacznych odległościach od wybuchu, co prowadzi do różnych stopni oparzeń skóry, topienia, zwęglania i zapalania się różnych materiałów. Efekty te zależą od ilości energii cieplnej i czasu jej pochłonięcia. Ilość pochłoniętej energii zależy również od natury ciał poddanych działaniu promieniowania. Ciała białe i błyszczące pochłaniają energię słabo, natomiast ciemne i matowe - dobrze.

Promieniowanie cieplne charakteryzuje się tzw. impulsem cieplnym:

Impuls cieplny jest to ilość energii promieniowania cieplnego, padającej na 1 cm^2 powierzchni prostopadłej do kierunku promieniowania przez cały czas świecenia kuli ognistej. Jednostką impulsu cieplnego jest kaloria na centymetr kwadratowy /cal $\cdot \text{cm}^2$ /.

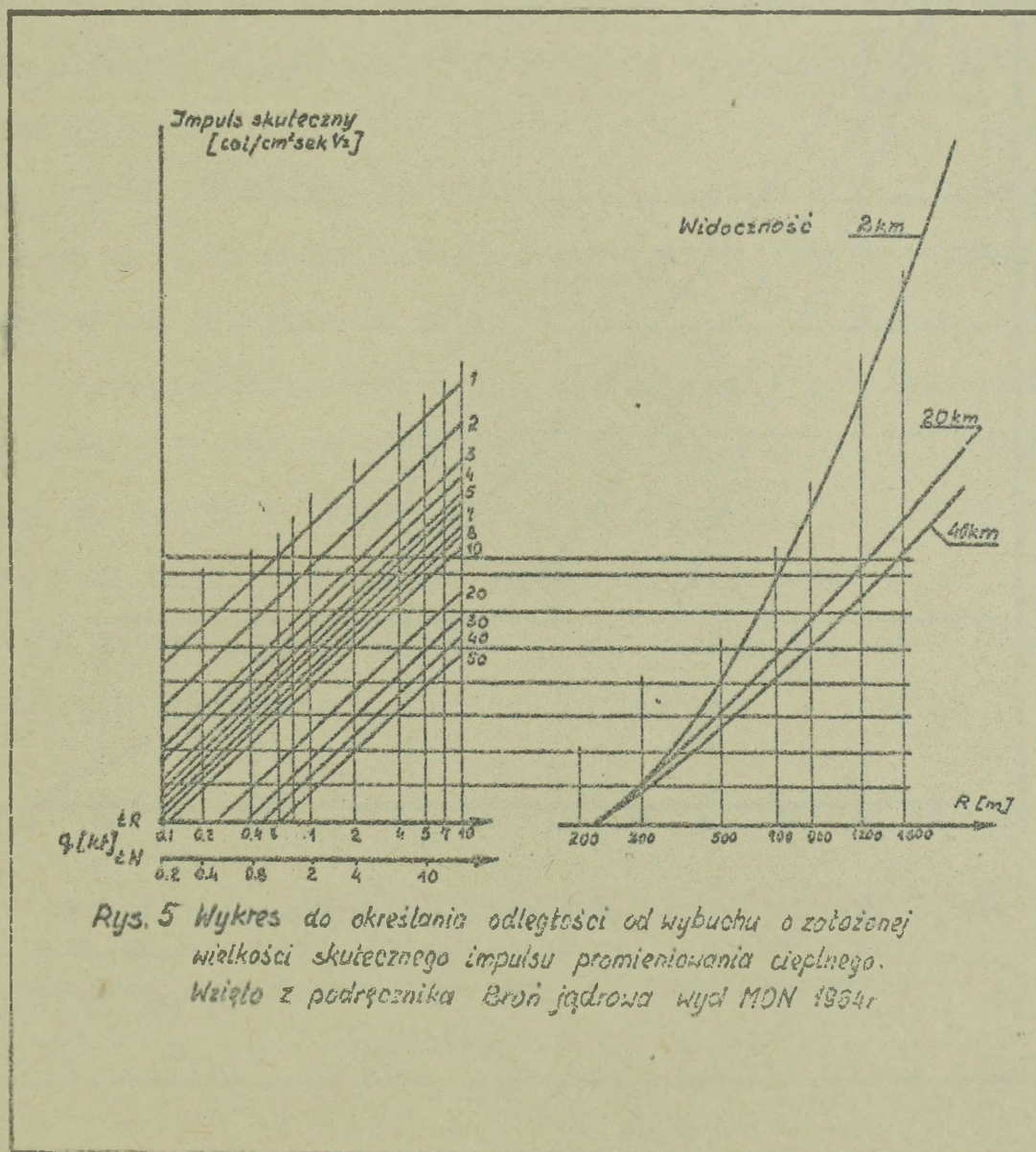
Rażące działanie promieniowania cieplnego zależy nie tylko od impulsu padającej energii, ale również od czasu ekspozycji promieniowania. Jak wiadomo czas ekspozycji związany jest z mocą wybuchu, stąd też ten sam impuls cieplny od wybuchów różnej mocy powoduje różne skutki.

^{x/} - w literaturze radzieckiej używa się terminu "promieniowanie świetlne" /światoweje izluczenije /.

W celu pełnego scharakteryzowania rażącego działania wybuchów jądrowych różnej mocy wprowadzono pojęcie impulsu skutecznego:

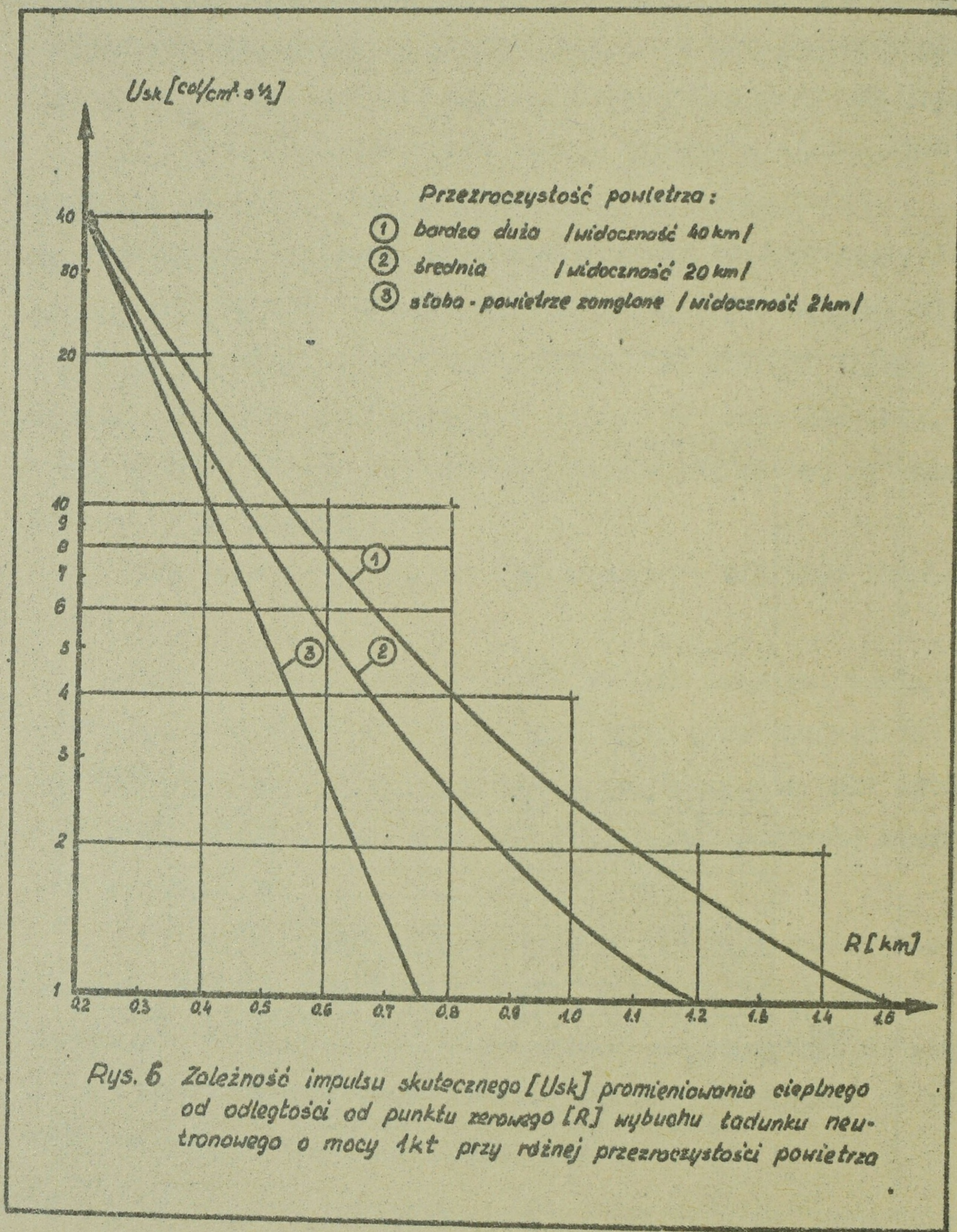
Impuls skuteczny jest to taki impuls cieplny wybuchu jądrowego o dowolnej mocy, którego skuteczność /tj: powodowanie oparzeń, topienia, zwęglenia i zapalenie się materiałów/ jest równoważna impulsowi cieplnemu wybuchu jądrowego o mocy 50kt. Impuls skuteczny wyraża się w cal $\cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-\frac{1}{2}}$.

Zależność impulsu skutecznego promieniowania cieplnego od odległości od wybuchu jądrowego /rozszerzeniowego/ i od jego mocy przedstawiona jest na wykresie /rys. 5/.



Rys. 5 Wykres do określania odległości od wybuchu o założonej wielkości skutecznego impulsu promieniowania cieplnego. Wzięto z podręcznika Broń jądrowa wyci MDN 1964r

Przyjmując, że podczas wybuchu ładunku neutronowego na promieniowanie ciepłe przypada o połowę mniej energii niż podczas wybuchu ładunku rozszczepieniowego o tej samej mocy.



ogólnej^{x/}, wykres ten może być przydatny także do określenia impulsu skutecznego w rejonie wybuchu ładunku neutronowego - odczytujemy impuls skuteczny odpowiadający dwukrotnie mniejszej mocy:

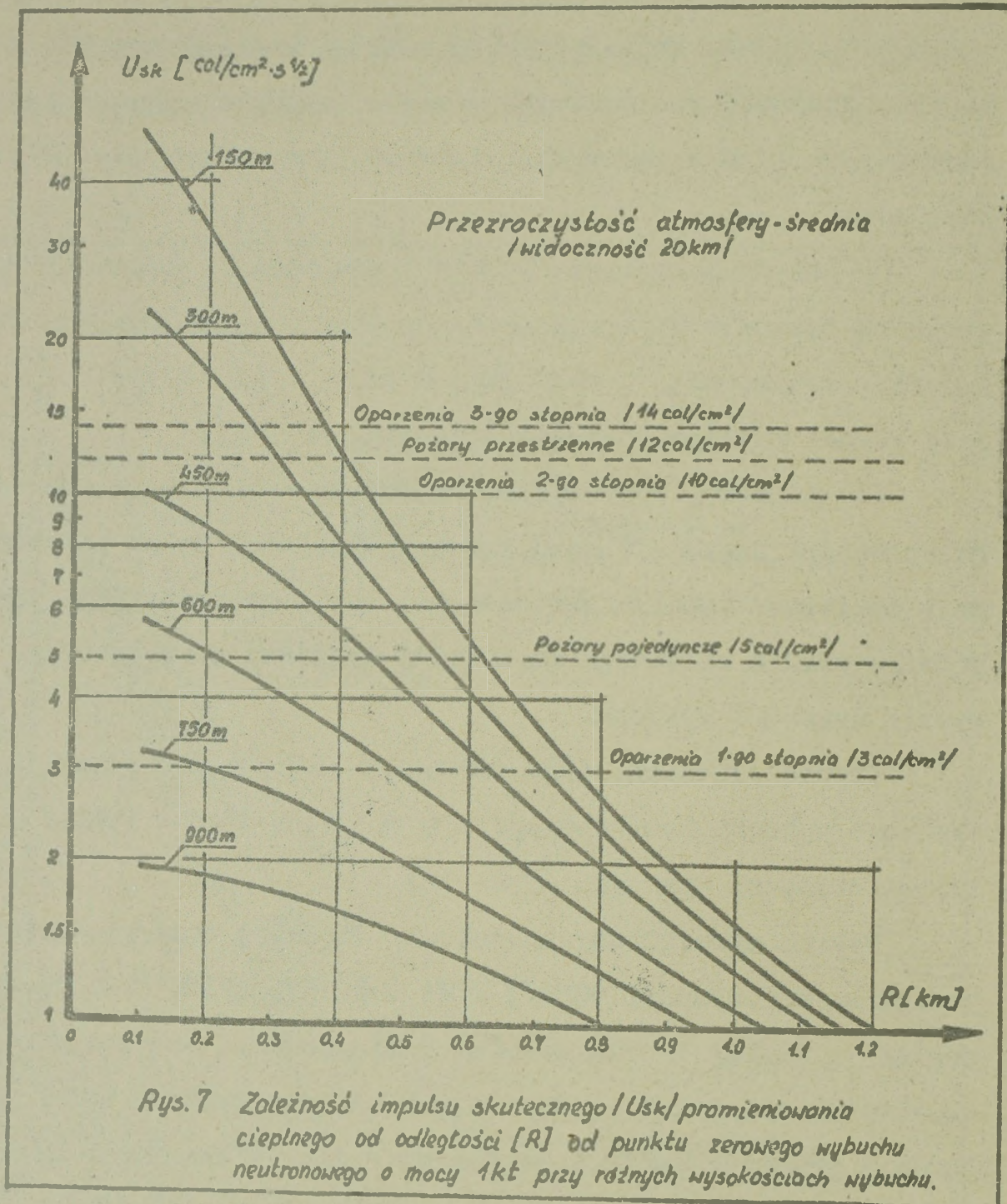
Na podstawie rysunku 5 wykreślona została zależność impulsu skutecznego promieniowania cieplnego w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt od odległości do wybuchu przy różnej przezroczystości powietrza /rys: 6/:

Jak wiadomo, wybuchy neutronowe przewiduje się wykonywać na wysokości rzędu kilkuset metrów. Wysokości te są porównywalne z zasięgiem impulsu skutecznego, czyli na rażące działanie promieniowania cieplnego na obiekty na ziemi poważny wpływ wywrze wysokość wybuchu.

Impuls skuteczny jako funkcję odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1kt i jego wysokości zilustrowano na wykresie /rys: 7/:

Wykres sporządzony został dla średniej przezroczystości powietrza/widoczności 20km/, stąd też daje tylko orientacyjny pogląd na zasięg oddziaływania promieniowania cieplnego na obiekty na ziemi. W innych warunkach/przy lepszej lub gorszej przezroczystości powietrza / zasięg ten może ulec zmianie /zwiększyć się lub zmniejszyć się / o 20-30%.

x/ - patrz pkt. 2:2 niniejszego rozdziału .



3.3: Promieniowanie przenikliwe :

3.3.1: Jednostki pomiaru promieniowania przenikliwego:

Podczas charakterystyki zjawisk fizycznych towarzyszących wybuchom neutronowym stwierdziliśmy, że składnikami promieniowania przenikliwego są kwanty gamma i neutrony.

Promieniowanie przenikliwe dzięki właściwościom jonizacji i aktywacji substancji, stanowi poważne zagrożenie dla organizmów żywych. Rażące działanie promieniowania przenikliwego charakteryzuje się ilością energii pochłoniętej przez substancję /organizm/ - dawką promieniowania.

W zależności od rodzaju promieniowania, jego zdolności do jonizacji ośrodka i skuteczności biologicznej wyróżnia się cztery jednostki do określenia dawki promieniowania przenikliwego: rad, rentgen, fizyczny równoważnik rentgena /rep.^x/ i biologiczny równoważnik rentgena /rem^{xx}/.

R a d jest jednostką dawki pochłoniętej w napromienionej substancji. Dawka 1 rada odpowiada energii 100 ergów pochłoniętej w 1 gramie substancji. W systemie "SI" będzie to 0,01 J/kg.

R e n t g e n jest jednostką dawki ekspozycyjnej promieniowania rentgenowskiego lub gamma. Jeden rentgen jest to taka dawka, przy której w jednym centymetrze sześciennym suchego powietrza, w warunkach normalnych wytworzone jony jednego znaku mają ładunek sumaryczny równy jedenej jednostce elektrostatycznej ładunku elektrycznego. W systemie "SI" będzie to $2.58 \cdot 10^{-4} \text{C/kg}$.

Dawka 1 rentgena odpowiada 88 ergom energii pochłoniętej w powietrzu. Dla powietrza zatem 1 rentgenowi odpowiada dawka pochłonięta 0,88 rada. Dawka 1 rentgena odpowiada energii pochłoniętej w wodzie i tkance organizmów żywych w ilości około 99 ergów. Stąd dla wody i tkanki organicznej dawka ekspozycyjna 1 rentgena bliska jest dawce pochłoniętej 1 rada.

x/- roentgen equivalent physical
x/- roentgen equivalent man.

R e p jest to taka dawka promieniowania neutronowego lub innych cząstek elementarnych, której działanie jonizujące odpowiada działaniu jonizującemu promieniowania gamma.

R e m jest to taka dawka dowolnego promieniowania jonizującego, której działanie biologiczne jest równoważne działaniu biologicznemu 1 rentgena promieniowania gamma.

W tabeli porównano efektywność działania jonizującego i biologicznego różnego rodzaju promieniowań jądrowych :

Tabela 8

Porównanie efektywności jonizującej i biologicznej promieniowania jądrowego.

Rodzaj promieniowania	Dawki równoważne		
	rentgen	rep	rem
Promieniowanie X	1	1	1
Promieniowanie gamma	1	1	1
Cząstki beta	-	1	1
Neutrony termiczne	-	1	5
Neutrony szybkie	-	1	10
Protony	-	1	10
Cząstki alfa	-	1	20

Dawka promieniowania przenikliwego odniesiona do jednostki czasu nazywa się mocą dawki. Jednostką mocy dawki pochłoniętej jest rad na godzinę i jednostki pochodne /w układzie "SI" W/kg /, a jednostką mocy dawki ekspozycyjnej jest rentgen na godzinę i jednostki pochodne /w układzie "SI" A/kg/.

3.3.2. Zródła promieniowania gamma .

Zróżkami promieniowania gamma są: reakcja rozszczepienia, rozpad promieniotwórczy fragmentów podziału jąder/produk-

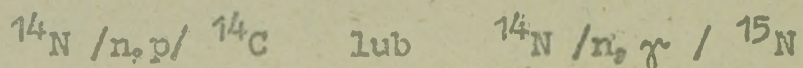
tów reakcji rozszczepienia/ i wychwyt neutronów przez jądra atomów środowiska:

Reakcji rozszczepienia towarzyszy tak zwane promieniowanie gamma natychmiastowe. Na promieniowanie to przypada około 7 MeV energii w jednym akcie rozszczepienia.

Natychmiastowe promieniowanie gamma w znaczącej części /do 99%/ pochłaniane jest w materiale konstrukcyjnym ładunku jądrowego i jego udział w ogólnej dawce promieniowania przenikliwego jest niewielki.

Rozpadowi promieniotwórczemu fragmentów podziału jąder paliwa jądrowego towarzyszy tak zwane promieniowanie gamma fragmentów lub produktów rozszczepienia. Maksimum tego promieniowania przypada na moment zniszczenia skorupy ładunku jądrowego. Promieniowanie to emitowane jest w dość szerokim przedziale energetycznym, - od 2 keV do 2,9 MeV. Średnia energia kwantów gamma wynosi 2 MeV. Ogólna ilość energii wydzielającej się w postaci promieniowania gamma fragmentów wynosi około 6 MeV na jeden akt rozszczepienia. Czas działania na obiekty na ziemi wynosi do 1 minuty po wybuchu. W tym czasie wypromieniowywane jest około 3,3 MeV, tj. 55% ogólnej energii.

Reakcjom wychwytu neutronów przez jądra atomów środowiska towarzyszy tak zwane promieniowanie gamma wychwytu. Zasadniczą rolę odgrywa tu wychwyt neutronów przez jądra atomowe podstawowego składnika powietrza - azotu. Przeważająca część neutronów opuszczających środowisko reakcji jądrowej wychwytywana jest przez jądra atomowe azotu w sferze o promieniu 300-400m. Reakcja neutronu z jądrem atomowym azotu może przebiegać dwojako :



W pierwszym przypadku tworzy się izotop węgla ^{14}C i emitowany jest proton, w drugim - tworzy się izotop azotu ^{15}N i emitowany jest kwant gamma. Ze względu na przedmiot rozważań /źródła promieniowania gamma/ interesuje nas obecnie reakcja druga. Ogólna energia kwantów gamma utworzonych w tej reakcji wynosi 10,82 MeV, a w przeliczeniu na jeden neutron pochłonięty w powietrzu 0,6 MeV. Przeliczając natomiast na jeden akt rozszczepienia, energia wychwytowego promieniowania gamma wynosi: w przypadku uranu ^{235}U - 1,5 MeV a plutonu ^{239}Pu - 1,2 MeV. Kwanty gamma mają energię od 1 do 10 MeV, a zasadniczo ich część zawiera się w przedziale energetycznym 5-7 MeV. Średnia energia widma promieniowania wynosi 6-6,6 MeV. Czas działania promieniowania gamma wychwytu na obiekty na ziemi wynosi 0,5 sekundy, przy czym ponad 80% energii zostaje wypromieniowana w czasie 0,01 sekundy. Uwarunkowane jest to krótkim czasem życia neutronów w powietrzu.^{x/}

Promieniowanie gamma pochodzące z fragmentów rozszczepienia i wychwytu neutronów, w odróżnieniu od natychmiastowego, pochodzącego z reakcji jądrowych, nazywa się promieniowaniem gamma opóźnionym.

Rozchodzenie się promieniowania gamma w powietrzu - zarówno natychmiastowego jak i opóźnionego - charakteryzuje się spadkiem mocy dawki i dawki w miarę oddalenia się od punktu zerowego. Spadek intensywności tych parametrów uwarunkowany jest rozsprzestrzeniem się energii w coraz to większej objętości i współdziałaniem kwantów gamma z molekułami i ato-

^{x/-} jest to czas, w którym ilość neutronów zmniejszy się e/ok.2,7/razy. W gęstej atmosferze średni czas życia neutronów wynosi 0,06 sekundy.

mani powietrza. W określonej, dowolnie wybranej, odległości od wybuchu gwałtownie zmniejsza się intensywność promieniowania gamma w kolejnych chwilach po wybuchu. Promieniowanie natychmiastowe emitowane jest praktycznie w całości w momencie wybuchu.

3.3.3. Zródła neutronów :

Neutrony - drugi składnik promieniowania przenikliwego - powstają zarówno w reakcji rozszczepienia jak i syntezy, a także podczas rozpadu promieniotwórczego niektórych fragmentów rozszczepienia. Neutrony powstające bezpośrednio w reakcjach jądrowych przyjęto nazywać natychmiastowymi, a emitowane z fragmentów rozszczepienia - opóźnionymi. Z neutronami opóźnionymi mamy więc do czynienia w wypadku wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego. Jest ich niewiele - bo około 1 % w stosunku do ogólnej ilości wydzielonych neutronów. Wybuchowi ładunku neutronowego towarzyszy emisja neutronów natychmiastowych. Wprawdzie pewna ilość neutronów powstaje w wyniku działania wysokoenergetycznego promieniowania gamma na materiały konstrukcyjne bomby, jest ich jednak niewiele i nie mają one istotnego znaczenia w tworzeniu sumarycznej dawki promieniowania przenikliwego.

Ilość neutronów natychmiastowych wydzielających się w czasie wybuchu jądrowego, ich średnia energia i widmo energetyczne zależą od rodzaju i konstrukcji ładunku.

W wypadku wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji rozszczepienia powstaje średnio $3,8 \cdot 10^{24}$ neutronów na jeden kilogram przereagowanego paliwa jądrowego, tj. $2,3 \cdot 10^{20}$ neutronów na jedną tonę mocy wybuchu. Energia tych

neutronów jest zróżnicowana, ale w zasadzie większość z nich znajduje się w przedziale wysokich energii - około 2 MeV. Takie neutrony nazywane są neutronami prędkimi. W trakcie zderzeń neutronów prędkich z jądrami atomowymi paliwa i skorupy bomby następuje znaczna strata energii neutronów. Ze względu na różny rodzaj zderzeń neutrony opuszczające środowisko reakcji posiadają szeroki zakres prędkości, od powolnych do prędkich. 50-70 % neutronów natychmiastowych spowalniane jest w materiale ładunku do energii odpowiadającej temperaturze produktów wybuchu, tj. do energii kilku keV. Neutrony o takiej energii są całkowicie pochłaniane w przyziemnej warstwie atmosfery w odległości do 500 m od wybuchu. Tworzą one w tej strefie tzw. chmurę neutronową, nazywaną niekiedy również strefą bliższą. Strefa ta w miarę zwiększania wysokości wybuchu osiąga coraz to większe rozmiary. Promień jej jest odwrotnie proporcjonalny do gęstości atmosfery :

W momencie wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji syntezy mieszaniny deuteru i trytu powstaje $1,2 \cdot 10^{26}$ neutronów na jeden kilogram reagentów, tj. około 30 razy więcej neutronów w przeliczeniu na jednostkę masy w stosunku do reakcji rozszczepienia. Wydajność energetyczna w odniesieniu do jednostki masy jest dla reakcji syntezy deuteru i trytu około 5 razy większa niż dla reakcji rozszczepienia, a więc liczba powstających neutronów w odniesieniu do jednostki mocy wybuchu jest około sześć razy większa : x/

x/ - wg. danych Wstępnego raportu o broni neutronowej ilość neutronów jest 6-8 razy większa.

W przeliczeniu na jedną tonę mocy wbuchu wydziela się około $1,4 \cdot 10^{21}$ neutronów. Wszystkie neutrony powstające w reakcji syntezy posiadają bardzo wysokie energie. W wyniku reakcji syntezy deuteru i trytu powstają neutrony o energii 14 MeV /tabela 4/. W wyniku współdziałania z materiałem konstrukcyjnym bomby część neutronów spowolniona zostaje do prędkości termicznych. Udział neutronów termicznych w widmie energetycznym będzie jednak mniejszy w stosunku do neutronów uzyskiwanych z reakcji rozszczepienia :

W powietrzu o gęstości normalnej neutrony natychmiastowe istnieją około 0,5 sekundy. W powietrzu rozrzedzonym, np. na znacznych wysokościach, czas życia neutronów zwiększa się odwrotnie proporcjonalnie do gęstości atmosfery. W konsekwencji, w miarę wzrostu wysokości wbuchu rośnie zasięg rażącego działania neutronów. Na przykład w wypadku wbuchów jądrowych wykonywanych na dużych wysokościach rażące działanie neutronów na załogi samolotów i statków kosmicznych może przejawiać się na odległościach 100 km i większych.

3.3.4 Współdziałanie promieniowania gamma z materiałem.

Do najbardziej charakterystycznych procesów współdziałania promieniowania gamma z materiałem zalicza się: efekt fotoelektryczny, rozproszenie komptonowskie i efekt tworzenia par elektron-pozyton.

Efekt fotoelektryczny polega na pochłonięciu kwantu gamma z jednoczesnym wybiciem elektronu z orbity atomowej. Cała energia kwantu gamma zamienia się w energię kinetyczną elektronu, z wyjątkiem niewielkiej jej części, która zużytkowuje się na oderwanie elektronu od atomu. Efekt fotoelektryczny

jest charakterystyczny dla pochłaniania kwantów gamma o niewielkich energiach i dla materiałów pochłaniających o dużej gęstości. Np. dla glinu energia progowa na efekt fotoelektryczny bliska jest 0,15 MeV, a dla ołowiu-bliska 2 MeV.

Rozproszenie komptonowskie różni się tym od zjawiska fotoelektrycznego, że kwant gamma traci tylko część energii na wybitcie elektronu z orbity atomowej i nadanie mu energii kinetycznej. Kwant gamma po wybitciu elektronu z zasady zmienia kierunek ruchu. Zjawisko to zachodzi w wypadku większych energii kwantów gamma. Prawdopodobieństwo jego zajścia jest wprost proporcjonalne do gęstości elektronowej materii. Gęstość elektronowa rośnie wraz ze wzrostem ciężaru właściwego /gęstości/ pierwiastków. Np. gęstość elektronowa ołowiu jest około 10 tys. razy większa niż azotu i około 100 tys. razy większa niż wodoru.

Efekt tworzenia się par elektron - pozyton, zwany także zjawiskiem anihilacji promieniowania gamma, zachodzi w polu jądra atomu. Zjawisko to jest możliwe tylko w wypadku dużych energii kwantów gamma. Energia progowa kwantu gamma dla efektu tworzenia się par wynosi 1,02 MeV. Odpowiada ona sumie mas spoczynkowych elektronu i pozytonu. Nadmiar energii kwantu gamma - ponad 1,02 MeV - zużytkowywanej na utworzenie cząstek, przechodzi w ich energię kinetyczną. Prawdopodobieństwo zajścia tego zjawiska rośnie wraz ze wzrostem energii promieniowania gamma i masy atomowej uczestniczących w nim pierwiastków. Dla kwantów gamma o bardzo dużych energiach efekt tworzenia się par jest procesem dominującym.

Z opisu zjawisk współdziałania promieniowania gamma z materią wynika, że pochłanianie promieniowania gamma w sub-

stancji zwiększa się wraz ze wzrostem jej liczby atomowej. Zjawiska te prowadzą do zmniejszenia energii fotonów lub całkowitego pochłonięcia promieniowania gamma, a w konsekwencji - do osłabienia dawki i mocy dawki promieniowania.

3:3:5: Współdziałanie neutronów z materia:

W odróżnieniu od kwantów gamma neutrony nie współdziałają z powłokami elektronowymi atomów lecz z ich jądrami. Mechanizmy współdziałania neutronów z materia, prowadzą się do następujących zjawisk: rozproszenie sprężyste, rozproszenie niesprężyste i wychwyty /pochłonięcie/ neutronu.

Rozproszenie sprężyste zachodzi w wyniku sprężystych zderzeń neutronów z jądrami atomowymi na wzór kul bilardowych. Neutrony tracą część swojej energii kinetycznej na korzyść jąder atomowych i zazwyczaj zmieniają kierunek ruchu. Jądro atomowe, na którym zaszło rozproszenie sprężyste uzyskuje określoną energię kinetyczną i rozpoczyna ruch postępowy. Rozproszenie sprężyste może zachodzić przy dowolnej energii neutronu i ze wszystkimi jądrami atomowymi. Przy danym kącie padania część energii kinetycznej neutronu, która zostaje przeniesiona na jądro, zależy tylko od masy jądra. Im lżejsze jest jądro tym większa część energii neutronu zostaje mu przekazana w zderzeniu. Wynika stąd, że względna strata energii promieniowania neutronowego, przypadająca na jedno zderzenie jest, biorąc przeciętnie, największa dla jąder lekkich. W skrajnym przypadku - przy zderzeniu centralnym neutronu z jądrem wodoru/protonem/- cała energia neutronu może być przekazana protonowi w pojedynczym zderzeniu. Jądra azotu i tlenu oraz węgla i wodoru są stosunkowo lekkie, dlatego zderzenia w po-

wietrze, wodzie, węglowodorach i ich pochodnych powodują znaczne osłabienie promieniowania neutronowego.

Rozproszenie niesprężyste polega na wychwytywaniu neutronów przez jądra atomowe i ich natychmiastowej emisji. Aby nastąpiło rozproszenie niesprężyste neutron musi posiadać dostatecznie wysoką energię dla podniesienia jądra do wyższego poziomu energetycznego/wzbudzenia jądra/. Wielkość tej energii zależy od rodzaju jądra. Dla jąder średnich i ciężkich energia progowa na rozproszenie niesprężyste wynosi około 0,5 MeV, dla lżejszych jest znacznie wyższa, np. dla tlenu wynosi około 6 MeV. Neutrony, których energie leżą poniżej odpowiednich wartości progowych w stosunku do jąder obecnych w środowisku, nie ulegają rozproszeniu niesprężystemu. Jądro atomowe, na którym zaszło rozproszenie niesprężyste, przechodzi w stan wzbudzenia kosztem energii utraconej przez neutron a następnie powraca do stanu podstawowego. Powrotowi jąder wzbudzonych do stanu podstawowego towarzyszy emisja kwantów gamma. Promieniowanie gamma należy więc zawsze uwzględniać przy rozwiązywaniu problemów ochrony przed promieniowaniem neutronowym.

Reakcja wychwytu neutronu polega na wchłonięciu go przez jądro atomowe a następnie emisji nadmiaru energii w postaci kwantów gamma, cząstek elementarnych obdarzonych ładunkiem elektrycznym lub też dwóch i więcej neutronów, przypadających na jeden akt wychwytu. Wychwyt neutronu połączony z emisją promieniowania gamma nazywa się wychwytem radiacyjnym. Zjawisko to charakterystyczne jest dla neutronów o niewielkich energiach. Prawdopodobieństwo jego zajścia wzrasta wraz ze zmniejszeniem się energii neutronu. Staże się charakterystyczne

dla neutronów o energiach mniejszych od 1 keV. Wychwyt radiacyjny kończy w zasadzie proces spowalniania neutronów. Reakcja wychwytu radiacyjnego zachodzi lepiej z jądrami cięższymi. Pierwiastki lżejsze np. węgiel i tlen wykazują niewielką tendencję do tego rodzaju reakcji. Reakcja wychwytu neutronów połączona z utworzeniem jądra złożonego a następnie emisją cząstek elementarnych, np. protonu, deuteronu lub cząstki alfa, zachodzi zazwyczaj podczas oddziaływania neutronów prędkich na jądra lekkie. Szczególne znaczenie ma przy tym, wspomniana przy omawianiu źródeł promieniowania przenikliwego, reakcja wychwytu neutronu przez azot atmosferyczny, towarzyszy jej emisja protonu i utworzenie węgla promieniotwóczego. Jądro atomowe po emisji cząstki elementarnej zazwyczaj nadal posiada pewien nadmiar energii, tj. pozostaje w stanie wzbudzonym. Nadmiar ten emituje w postaci kwantów gamma.

Wyżej opisane współdziałanie neutronów z materią nie wyczerpuje wszystkich, możliwych, reakcji neutronów z jądrami atomowymi, np. mechanizmy te nie opisują reakcji rozszczepienia, jest jednak najbardziej charakterystyczne i wywiera decydujący wpływ na pochłanianie promieniowania neutronowego w środowisku, w którym się rozprzestrzenia oraz odpowiedzialne jest za wywoływane w nim skutki fizyczne i biologiczne.

Na zakończenie opisu mechanizmów współdziałania promieniowania przenikliwego z materią zwróćmy uwagę na niektóre skutki tych procesów. Zauważamy, że bezpośrednim skutkiem jest jonizacja i aktywacja środowiska. W wyniku wychwytu neutronów tworzą się jądra radioaktywne. Zjawisko powstawania pierwiastków radioaktywnych pod wpływem promieniowania neutronowego nazywa się aktywacją substancji neutronami.

Zwróćmy uwagę, że aktywacja substancji zachodzi tylko pod wpływem promieniowania neutronowego, a szczególnie efektywnie w przypadku neutronów powolnych /termicznych/. Promieniowanie gamma natomiast nie powoduje aktywacji substancji. Aktywacja materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego rozpatrzona zostanie szczegółowo w punkcie 3.2.2. rozdz. II.

Jonizacją, jak wiadomo, nazywa się proces tworzenia cząstek naładowanych elektrycznie/jonów/. Wszystkie procesy współdziałania promieniowania gamma z materią prowadzą do rozdzielania ładunków elektrycznych/wybicie elektronu z orbity atomowej lub utworzenie pary elektron-pozyton/. Jonizacja jest więc procesem nieodłącznym oddziaływania promieniowania gamma na substancję. Promieniowanie neutronowe nie wywołuje natomiast bezpośredniej jonizacji substancji, jednak, powstające w procesach współdziałania neutronów z materią, kwanty gamma i cząstki elementarne obdarzone ładunkiem elektrycznym są przyczyną jonizacji pośredniej. Jonizacja pośrednia ma miejsce również w przypadku zderzeń sprężystych neutronów prędkich z lekkimi jądrami atomowymi. Np. w wyniku zderzenia sprężystego neutronu z jądrem wodoru jądro uzyskuje dużą energię kinetyczną, pozostawia swój elektron i poruszając się jako swobodny proton tworzy na swej drodze dużą ilość par jonów.

3.3.6 Zależność rażącego działania promieniowania przenikliwego od odległości od wybuchu.

Charakteryzując jednostki pomiaru promieniowania przenikliwego stwierdziliśmy, że jego rażące działanie na organizmy żywe uwarunkowane jest ilością energii pochłoniętej przez organizm - dawką promieniowania przenikliwego.

Ocena rażącego działania tego promieniowania sprowadza się do określenia odległości, na których stany osobowe otrzymują dawki większe niż przyjmowane jako dopuszczalne. Mechanizmy i objawy rażącego działania promieniowania przenikliwego na organizmy żywe - skutki biologiczne - omówione zostaną w dalszej kolejności, obecnie zajmiemy się tylko problemem zmiany dawki w funkcji odległości od wybuchu.

Całkowita dawka promieniowania przenikliwego jest sumą dawek od poszczególnych jego składników, tj. promieniowania gamma i promieniowania neutronowego. Rozprzestrzenianiem się tych promieniowań w powietrzu rządzą różne prawa, dlatego też zależność poszczególnych dawek od odległości należy rozpatrywać oddzielnie.

Promieniowanie przenikliwe wywołuje również skutki fizyczne w materii nieożywionej. Z punktu widzenia wojskowego najistotniejsze znaczenie ma działanie neutronów, które powodują niszczenie urządzeń radioelektronicznych i aktywację uzbrojenia i sprzętu bojowego. Prowadzi to do utraty zdolności użytkowych sprzętu. Niezbędnym parametrem do określenia stopnia utraty zdolności użytkowych sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego/ neutronowego/ jest strumień neutronów. Dlatego też oprócz całkowitej dawki promieniowania przenikliwego rozpatrzymy zmiany strumienia neutronów w funkcji odległości.

Podczas omawiania źródeł promieniowania przenikliwego wykazaliśmy, że w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego znaczna część kwantów gamma pochodzi z wychwytu neutronów. Oczywiście w wypadku ładunku neutronowego reakcja neutronów z azotem powietrza będzie jedynym, znaczącym źródłem promieniowania gamma. Fakty te determinują kolejność analizy zależności

rażącego działania promieniowania przenikliwego od odległości od wybuchu : strumień neutronów, dawka neutronów, dawka promieniowania gamma i dawka całkowita /sumarczna/ .

3.3.6.1 Zależność strumienia neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego :

Strumieniem cząstek lub kwantów promieniowania jonizującego nazywa się ilość cząstek /kwantów/ przypadającą na jeden metr kwadratowy $x/$. Jednostką strumienia jest m^{-2} .

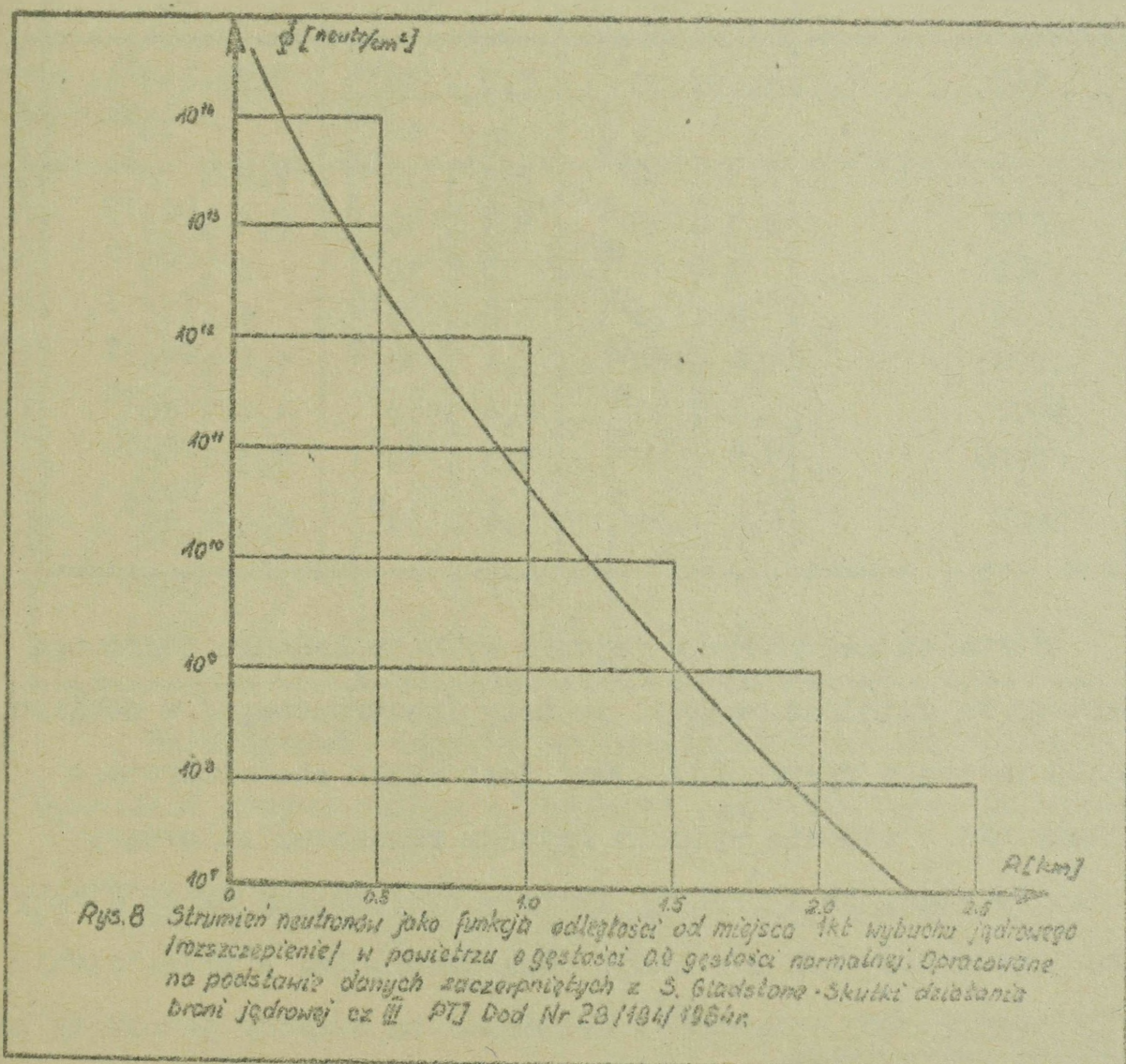
W praktyce używa się częściej wielokrotności tej jednostki- cm^{-2} /neutrony/ $cm^2/$.

Ustalenie związku pomiędzy strumieniem neutronów i odległością od wybuchu jest niezmiernie trudne. Strumień neutronów w dowolnie wybranej odległości od wybuchu zależy od wielu czynników; między innymi od mocy wybuchu, rodzaju reakcji jądrowej / rozszczepienie czy synteza/, rodzaju materiałów użytych do konstrukcji ładunku /np. skorupy/, gęstości powietrza i innych. W związku z tym jakakolwiek krzywa ilustrująca związek strumienia neutronów z odległością od wybuchu będzie orientacyjna i nie może być stosowana w każdych warunkach. Pamiętając o tych ograniczeniach zilustrujemy orientacyjną zależność strumienia neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji rozszczepienia i ładunku neutronowego.

Strumień neutronów w dowolnej odległości od wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji rozszczepienia

$x/$ -Międzynarodowy układ jednostek miar "SI".PWN Warszawa 1971.

i dla dowolnego równoważnika trotylowego można wyznaczyć z wykresu/otrzymanego eksperymentalnie/ zależności strumienia neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego o mocy 1kt/rys.8/. Wartości strumieni neutronów dla innych mocy wybuchów otrzymujemy przez pomnożenie wyniku odczytanego z wykresu przez moc wybuchu. W sposobie tym założona jest proporcjonalna zależność ilości uzyskiwanych neutronów od mocy wybuchu oraz pomijane są zmiany w sposobie rozprzestrzeniania się neutronów w powietrzu spowodowane zmianami gęstości atmosfery w niewielkich odległościach od wybuchu/wpływ fali uderzeniowej/.



Wykres /rys.8/ może być stosowany w przypadku wybuchów jądrowych małej i średniej mocy.

Orientacyjne wartości strumieni neutronów w różnych odległościach od wybuchów jądrowych o mocach 0,1; 1 i 10 kt zestawiono w tabeli 9.

Tabela 9

Strumień neutronów, neutr/cm², w różnych odległościach od punktu zerowego wybuchu jądrowego, opartego na zasadzie rozszczepienia.

Odległość od punktu zerowego wybuchu, m.	Moc wybuchu, t		
	10 ²	10 ³	10 ⁴
100	7,7 · 10 ¹³	7,7 · 10 ¹⁴	7,7 · 10 ¹⁵
200	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁵
400	7,1 · 10 ¹¹	7,1 · 10 ¹²	7,1 · 10 ¹³
600	9,1 · 10 ¹⁰	9,1 · 10 ¹¹	9,1 · 10 ¹²
800	2 · 10 ¹⁰	2 · 10 ¹¹	2 · 10 ¹²
1000	5 · 10 ⁹	5 · 10 ¹⁰	5 · 10 ¹¹
1200	1,4 · 10 ⁹	1,4 · 10 ¹⁰	1,4 · 10 ¹¹
1400	4,4 · 10 ⁸	4,4 · 10 ⁹	4,4 · 10 ¹⁰
1600	1,3 · 10 ⁸	1,3 · 10 ⁹	1,3 · 10 ¹⁰
1800	4,4 · 10 ⁷	4,4 · 10 ⁸	4,4 · 10 ⁹

Strumień neutronów w rejonie wybuchu ładunku jądrowego opartego na zasadzie reakcji syntezy /neutronowego/ w pobliżu punktu zerowego wybuchu/do 200m/ jest około sześciokrotnie większy niż w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego. Wynika to stąd, że z reakcji syntezy otrzymujemy około 6 razy więcej neutronów niż z reakcji rozszczepienia, w przeliczeniu na jednostkę mocy wybuchu^{x/}. Zależność ta dotyczy jednak tylko x/ - patrz-źródła neutronów.

niewielkich odległości od wybuchu, tj. takich odległości, gdzie zmiany charakteru propagacji neutronów w powietrzu nie odgrywają dużej roli. W miarę wzrostu odległości spadek strumienia neutronów syntezy jest znacznie powolniejszy niż rozszczepienie i w odległości ok. 1800m jest blisko o dwa rzędy /85 razy/ większy. Zależność strumienia neutronów syntezy /emitowanych w momencie wybuchu ładunku neutronowego/ od odległości od wybuchu przedstawiono w tabeli 10.^{x/}

Tabela 10

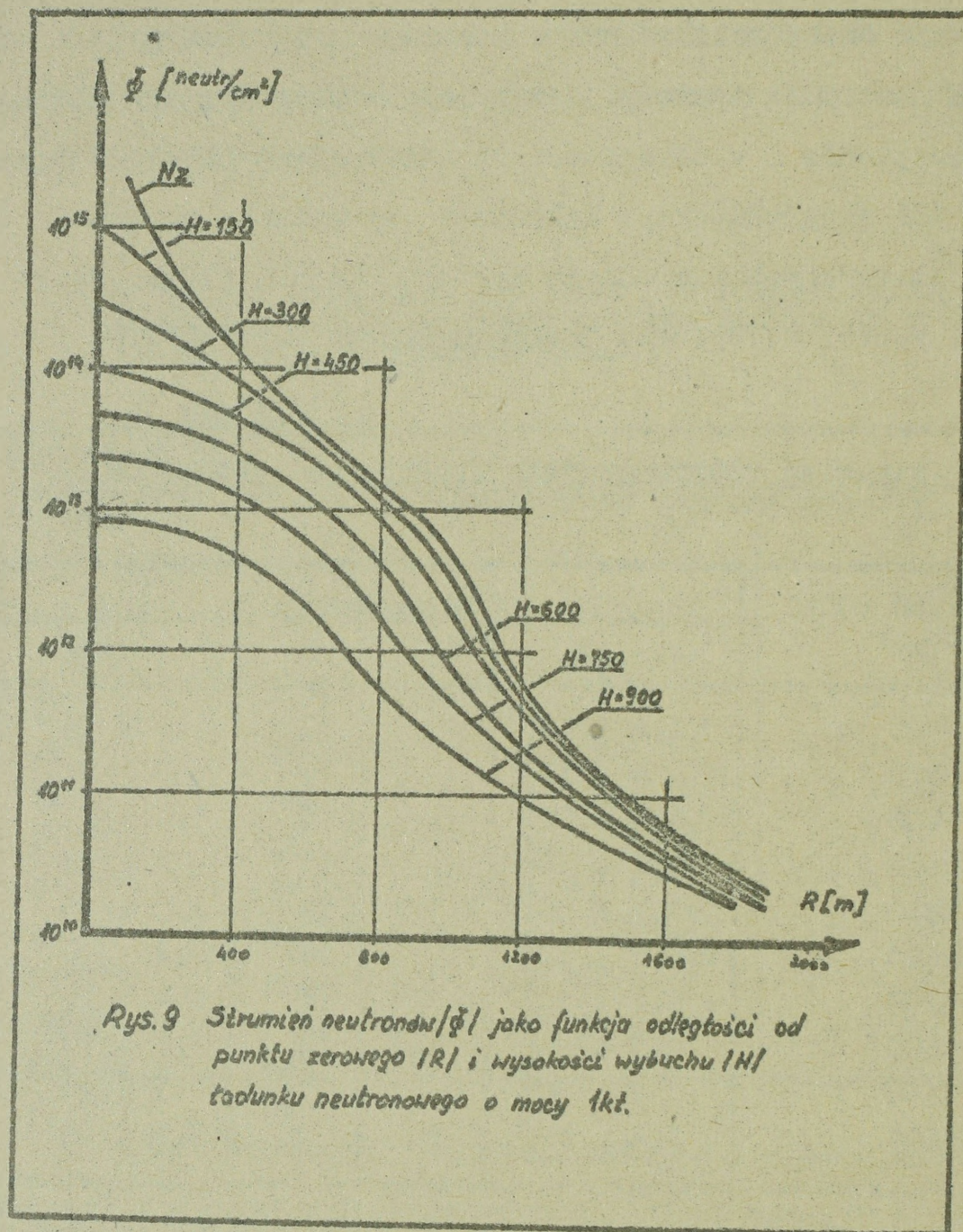
Strumień neutronów jako funkcje odległości od wybuchu ładunku neutronowego:

Odległość od wybuchu, m	Moc wybuchu, t		
	10 ²	10 ³	10 ⁴
100	1,8 · 10 ¹⁴	1,8 · 10 ¹⁵	1,8 · 10 ¹⁶
200	6 · 10 ¹³	6 · 10 ¹⁴	6 · 10 ¹⁵
400	1,4 · 10 ¹³	1,4 · 10 ¹⁴	1,4 · 10 ¹⁵
600	4,5 · 10 ¹²	4,5 · 10 ¹³	4,5 · 10 ¹⁴
800	1,5 · 10 ¹²	1,5 · 10 ¹³	1,5 · 10 ¹⁴
1000	5,8 · 10 ¹¹	5,8 · 10 ¹²	5,8 · 10 ¹³
1200	6,4 · 10 ¹⁰	6,4 · 10 ¹¹	6,4 · 10 ¹²
1400	1,7 · 10 ¹⁰	1,7 · 10 ¹¹	1,7 · 10 ¹²
1600	7 · 10 ⁹	7 · 10 ¹⁰	7 · 10 ¹¹
1800	3,4 · 10 ⁹	3,4 · 10 ¹⁰	3,4 · 10 ¹¹

Na podstawie danych, zestawionych w tabeli 10 można wykreślić krzywe zmiany strumienia neutronów wraz ze wzrostem

x/ - tabelę opracowano na podstawie danych uzyskanych z Instytutu Badań Jądrowych w Świerku.

odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt /rys.9/:



Rys.9 Strumień neutronów ϕ jako funkcja odległości od punktu zerowego $|R|$ i wysokości wybuchu $|H|$ ładunku neutronowego o mocy 1kt.

3:3:6:2 Zależność dawki neutronów od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego:

Dwaka promieniowania neutronowego zależy nie tylko od

strumienia, ale również od energii neutronów. Dla monoenergetycznego promieniowania neutronowego dawka jest wprost proporcjonalna do strumienia. Znając widmo neutronów można wyznaczyć dawkę, jako sumę dawek składowych od neutronów należących do określonych przedziałów energetycznych. Energia neutronów w pewnej odległości od wybuchu jądrowego ma szeroki zakres i pomiar jej jest niemożliwy. Podczas próbnych wybuchów jądrowych ustalono kilka zakresów energetycznych widma neutronów^{x/}. Większość neutronów /ponad 90%/ ma energie mniejsze od 3 MeV, a w tym ponad połowa mniejsze od 0,75 MeV^{xx/}. W badanych przypadkach zaobserwowano również, że widmo energetyczne neutronów nie zależy od odległości, tj. w różnych odległościach od wybuchu proporcje neutronów o określonych energiach pozostają stałe. Zjawisko to nazwane równowagą widma. Objasnia się je tym, że strata neutronów powolnych spowodowana wychwytem, jest dokładnie skompensowana spowolnieniem neutronów prędkich.

Dzięki zjawisku równowagi widma można określić współczynnik do obliczenia dawki neutronów na podstawie znanych wartości strumienia:

Przyjmuje się, że dla średniej energii widma neutronów rozszczepieniowych dawce 1 rema odpowiada strumień $1,5 \cdot 10^9$ neutr/cm².^{xxx/} Uwzględniając tę zależność, na podstawie znanych wielkości strumień neutronów w różnych odległościach od wybuchu można wyznaczyć dawki /tabela 11/:

x/- S. Glasstone. Skutki działania broni jądrowej PTJ dod. 28/184

xx/-tamże.

xxx/-Bojowyje swojstwa jadernego oruzija. Wyd. MO SSSR.
Moskwa 1957r.

Tabela 11^{x/}

Dawka neutronów, rem, w różnych odległościach od wybuchu ładunku rozszczepieniowego:

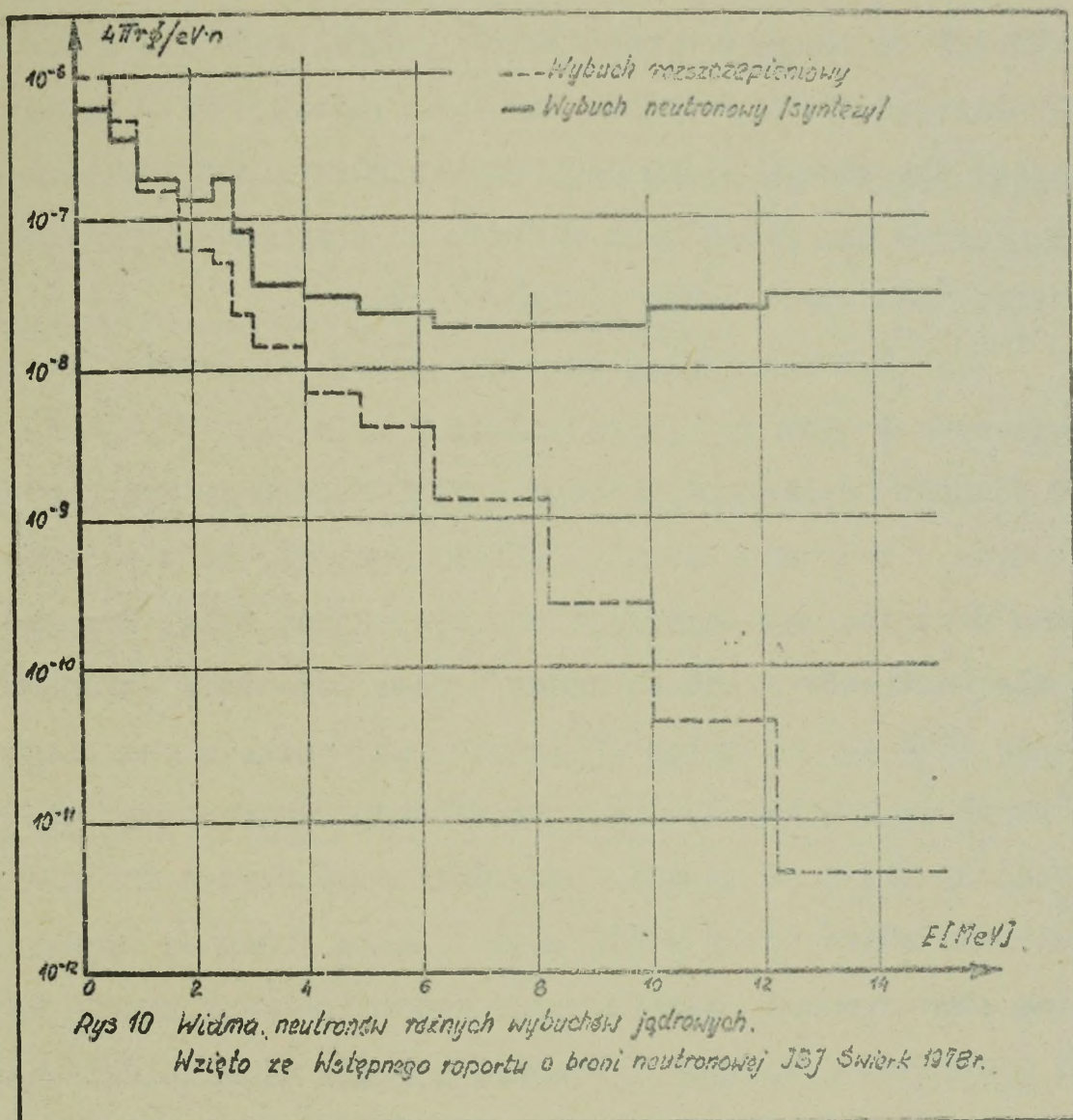
Odległość od wybuchu, m.	Moc wybuchu, t.		
	10^2	10^3	10^4
100	$3,7 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^6$
200	$5,7 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^5$
400	$5,5 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^4$
600	98	980	10^4
800	20	200	$2 \cdot 10^3$
1000	4,8	48	490
1200	1,3	13	130
1400	0,4	3,6	36
1600	-	1	10
1800	-	0,3	3

Aby znaleźć strumień neutronów syntezy, który odpowiada dawce 1 rema należy ustalić średnią energię widma. Porównanie widm energetycznych neutronów uzyskiwanych w reakcjach rozszczepienia i syntezy zilustrowano na rysunku 10¹.

Na rysunku przedstawiona jest zależność strumienia neutronów od ich energii w przeliczeniu na jednostkę energii i na jeden neutron. Strumień neutronów liczony jest na wysokości 1 m nad powierzchnią ziemi w punkcie zerowym wybuchu jądrowego wykonanego na wysokości 500 m. Wykresy przedstawiają wprawdzie pełne zakresy widm energetycznych neutronów - od 0 do 15 MeV - to jednak ze względu na przyjętą skalę liczbową na osi energii, dokładniejsze dane możemy z nich uzyskać tylko dla części twardej widma, tj. dla wysokoenergetycznego

x/ - wzięto z Bojewyja swojstwa jadiernogo orużija Wyd. MO SSSR Moskwa 1967r.

promieniowania :



Z wykresów zauważamy, że strumień niskoenergetycznych neutronów rozszczepieniowych /0 - 0,5 MeV/ jest dwukrotnie większy niż syntezy. W przedziale 0,5-1 MeV przewaga neutronów rozszczepieniowych maleje i ich stosunek do neutronów syntezy wynosi jak 5 : 3,5. W przedziale 1-1,7 MeV wartości strumieni neutronów rozszczepieniowych i syntezy są zbliżone. W miarę dalszego wzrostu energii strumień neutronów rozszczepieniowych

systematycznie i dość gwałtownie zmniejsza się. Jego ubytek wynosi około 1 rzędu wielkości na każde 3MeV przyrostu energii. Strumień neutronów syntezy zmniejsza się w przedziale 1-3 MeV około 2,5 krotnie, a w następnych przedziałach pozostaje w przybliżeniu stały /wahania nie przekraczają 40%/. W wyniku takiego charakteru widma neutronów syntezy, ich strumień o najwyższych energiach jest większy od strumienia neutronów rozszczepieniowych około 10 tys. razy.

Z analizy widm energetycznych neutronów rozszczepieniowych i syntezy wynika wniosek, że o ile w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego udział neutronów wysokoenergetycznych w tworzeniu dawki mogliśmy pominąć, to w rejonie wybuchu neutronowego odgrywają one decydującą rolę. Przyjmuje się, że dla neutronów prędkich dawce 1 rema odpowiada strumień neutronów $10^8 - 10^9$ neutr/cm².^{x/} Jednak, jak wynika z przebiegu krzywych na rysunku 10, w rejonie wybuchu neutronowego nie zachodzi zjawisko równowagi widma. Gwałtowny ubytek strumienia neutronów obserwujemy w odległości około 1000m od wybuchu. Można stąd wysunąć wniosek, że w tej odległości będzie najwięcej neutronów powolnych i średnia energia widma będzie najniższa, a współczynnik do obliczenia dawki bliski 10^9 neutr/cm². W miarę oddalania się i przybliżania do wybuchu średnia energia widma rośnie i współczynniki zbliżają się do wartości 10^8 neutr/cm². Orientacyjne dawki neutronów syntezy w rejonie wybuchu ładunku neutronowego/ przedstawiono w tabeli nr 12. Tabela opracowana została na podstawie danych zaczerpniętych ze wstępnego raportu o broni neutronowej.

x/ Bojowyje svojstwa jedernogo oruzija .Wyd.MO SSSR Moskwa 1967r.

Tabela 12

Dawka neutronów/rem/ w różnych odległościach od wybuchu ładunku neutronowego.

Odległość od wybuchu, m.	Moc wybuchu, t		
	10^2	10^3	10^4
100	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^7$
200	$1,7 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^7$
400	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
600	$3,5 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^5$
800	$8,6 \cdot 10^2$	$8,6 \cdot 10^3$	$8,6 \cdot 10^4$
1000	$2,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^4$
1200	80	800	$8 \cdot 10^3$
1400	28	280	$2,8 \cdot 10^3$
1600	11	105	10^3
1800	3,5	35	350

3.3.6.3 Zależność dawki promieniowania gamma od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego.

Jak stwierdziliśmy w punkcie 3.3.2, źródłem promieniowania gamma może być: reakcja rozszczepienia, produkty tej reakcji/fragmenty/ i wychwyty neutronów w powietrzu. Kwanty

gamma powstające bezpośrednio w reakcji rozszczepienia, ze względu na niemal całkowite pochłanianie ich w materiale konstrukcyjnym ładunku, mają niewielki wpływ, na tworzenie dawki. Dawka promieniowania gamma w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego jest więc dawką sumaryczną od promieniowania gamma fragmentów i wychwytowego. Zależy ona od mocy wybuchu i sposobu propagacji promieniowania, t.j. od energii kwantów i rodzaju /gęstości/ ośrodka. Dawkę promieniowania gamma w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego jako funkcję odległości i mocy wybuchu, przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13

Dawka promieniowania gamma w różnych odległościach od wybuchu ładunku rozszczepieniowego, r.

Odległość od wybuchu, m	Moc wybuchu, t		
	10^2	10^3	10^4
100	10^4	10^5	$1,2 \cdot 10^6$
200	$2,4 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^5$
400	260	$3,5 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^4$
600	60	590	$8,2 \cdot 10^3$
800	17	170	$2,4 \cdot 10^3$
1000	5	60	800
1200	2,3	23	300
1400	-	9	120
1600	-	4	50
1800	-	1,8	23

Znaczącym źródłem promieniowania gamma w rejonie wybuchu ładunku neutronowego jest wychwyt neutronów w powietrzu. Dawkę promieniowania gamma w rejonie wybuchu ładunku neutronowego, jako funkcję odległości i mocy wybuchu przedstawiono w tabeli 14. Tabela sporządzona została na podstawie danych zaczerpniętych ze wstępnego raportu o broni neutronowej/wyd: IBJ Warszawa 1978r./.

Tabela 14

Dawka promieniowania gamma/r/ w różnych odległościach od wybuchu ładunku neutronowego.

Odległość od wybuchu, m	Moc wybuchu, t		
	10^2	10^3	10^4
100	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
200	10^4	10^5	10^6
400	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
600	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$
800	$1,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^4$
1000	60	600	$6 \cdot 10^3$
1200	23	230	$2,3 \cdot 10^3$
1400	12	120	$1,2 \cdot 10^3$
1600	4,5	45	450
1800	1,5	15	150

3.3.6.4. Zależność dawki sumarycznej promieniowania przenikliwego od odległości od wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego i neutronowego.

Po dodaniu dawek neutronów i promieniowania gamma, zamieszczonych w tabelach 11 i 13, otrzymujemy sumaryczną dawkę promieniowania przenikliwego w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego, jako funkcję odległości od wybuchu/tabela 15/.

Tabela 15

Dawka promieniowania przenikliwego w różnych odległościach od wybuchu ładunku rozszczepieniowego /rem/.

Odległość od wybuchu, m	Moc wybuchu, t		
	10^2	10^3	10^4
100	$4,7 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^6$
200	$8,1 \cdot 10^3$	$8,1 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^6$
400	$8,1 \cdot 10^2$	$8,1 \cdot 10^3$	$8,1 \cdot 10^4$
600	158	$1,6 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$
800	37	370	$3,7 \cdot 10^3$
1000	11	110	$1,1 \cdot 10^3$
1200	3,3	33	330
1400	1,3	13	130
1600	-	5	50
1800	-	2,6	26

Analogicznie, po dodaniu dawek neutronów i promieniowania gamma, zamieszczonych w tabelach 12 i 14, otrzymujemy sumaryczną dawkę promieniowania przenikliwego w rejonie wybuchu ładunku neutronowego jako funkcję odległości od wybuchu /tabela 15/.

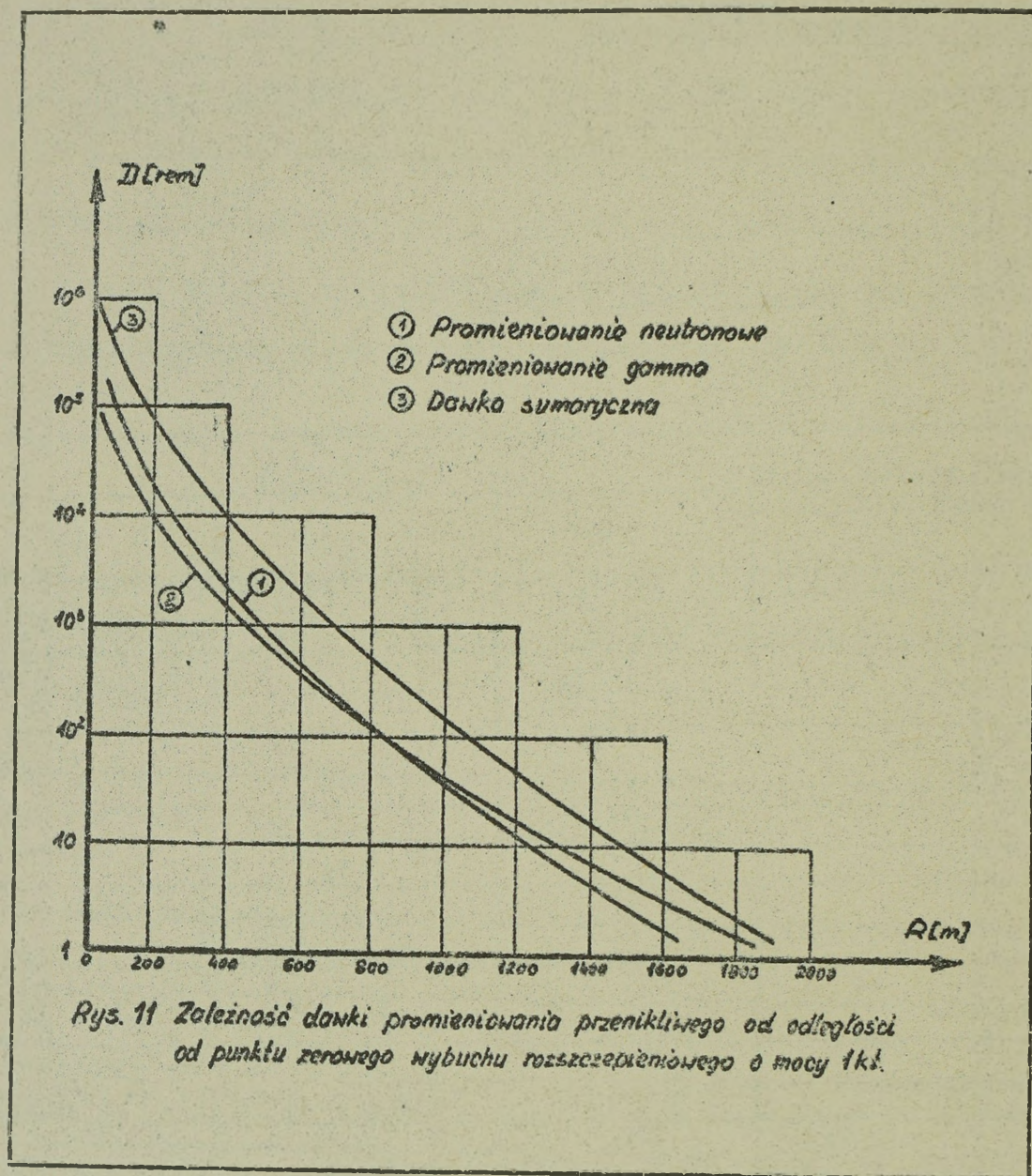
Tabela 16

Dawka promieniowania przenikliwego, w różnych odległościach od wybuchu ładunku neutronowego/rem/.

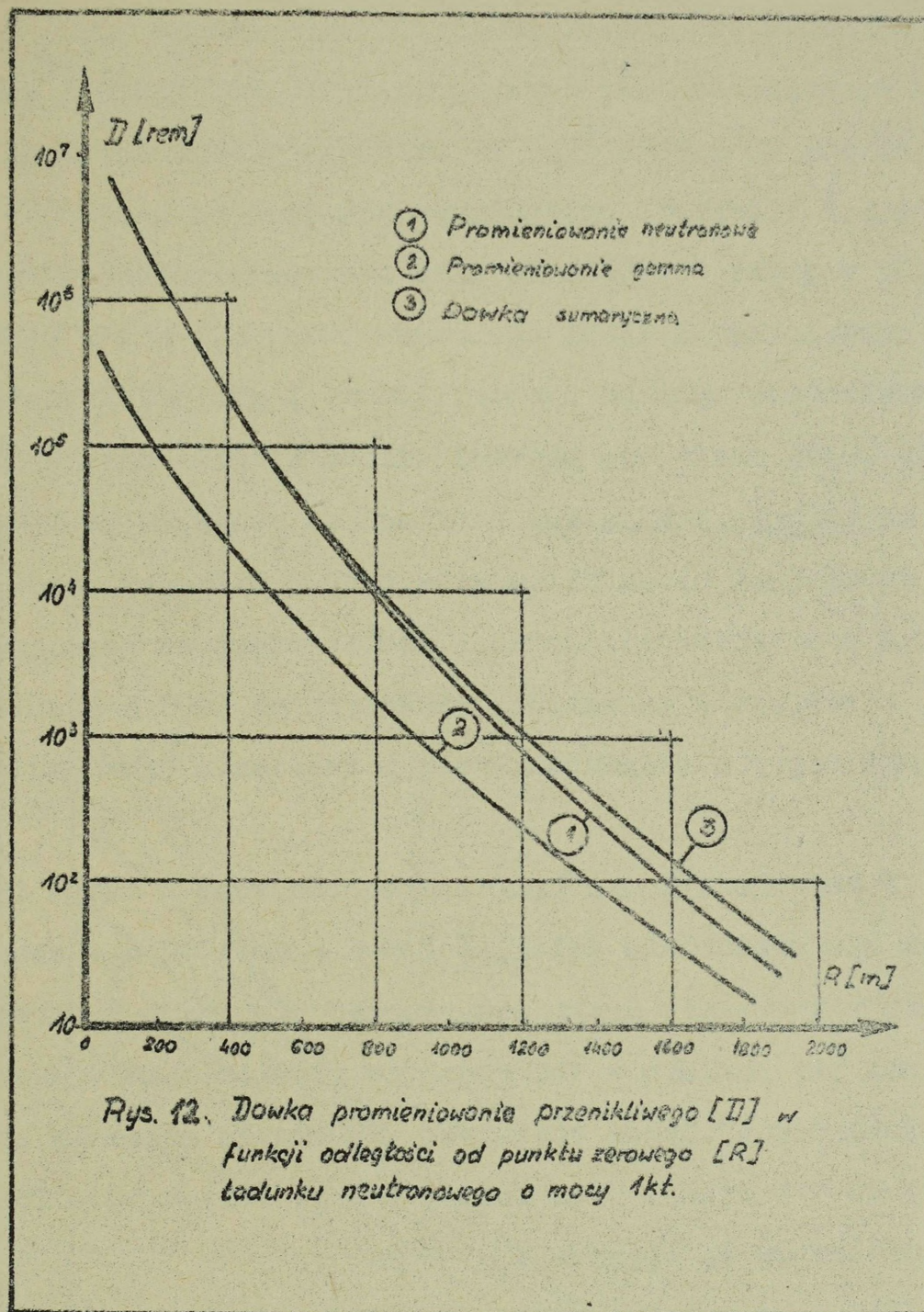
Odległość od wybuchu, m	Moc wybuchu, t		
	10^2	10^3	10^4
100	$6,2 \cdot 10^5$	$6,2 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^7$
200	$1,8 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^7$
400	$2,2 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^6$
600	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^5$
800	10^3	10^4	10^5
1000	310	$3,1 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$
1200	100	10^3	10^4
1400	40	400	$4 \cdot 10^3$
1600	15	150	$1,5 \cdot 10^3$
1800	5	50	500

W celu porównania zmian dawek neutronów, promieniowania gamma i sumarycznych w rejonach wybuchów ładunków rozszczepieniowych i neutronowych, na podstawie danych zawartych w tabelach 15 i 16 sporządzone zostały wykresy dawek jako funkcje

odległości od wybuchów: /rys. 11 i 12/



Z porównania wykresów zamieszczonych na rysunkach 11 i 12 wynika szereg wniosków dotyczących rażącego działania ładunków jądrowych rozszczepieniowych i neutronowych. W dowolnej odległości od wybuchu sumaryczna dawka promieniowania przenikliwego w rejonie wybuchu ładunku neutronowego jest



większa niż w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego, /np. w odległościach 800-1600m jest większa około 30 razy/.

Na obu wykresach występuje analogiczny charakter zmian udziału poszczególnych rodzajów promieniowania w tworzeniu dawki sumarycznej. W pobliżu wybuchu główną rolę w tworzeniu dawki sumarycznej odgrywają neutrony, a w miarę wzrostu odleg-

kości zwiększa się udział promieniowania gamma.

Na obu wykresach krzywe dawek promieniowania gamma i neutronów zbliżają się do siebie wraz ze wzrostem odległości. Inną jest jednak ilościowa charakterystyka tych zmian.

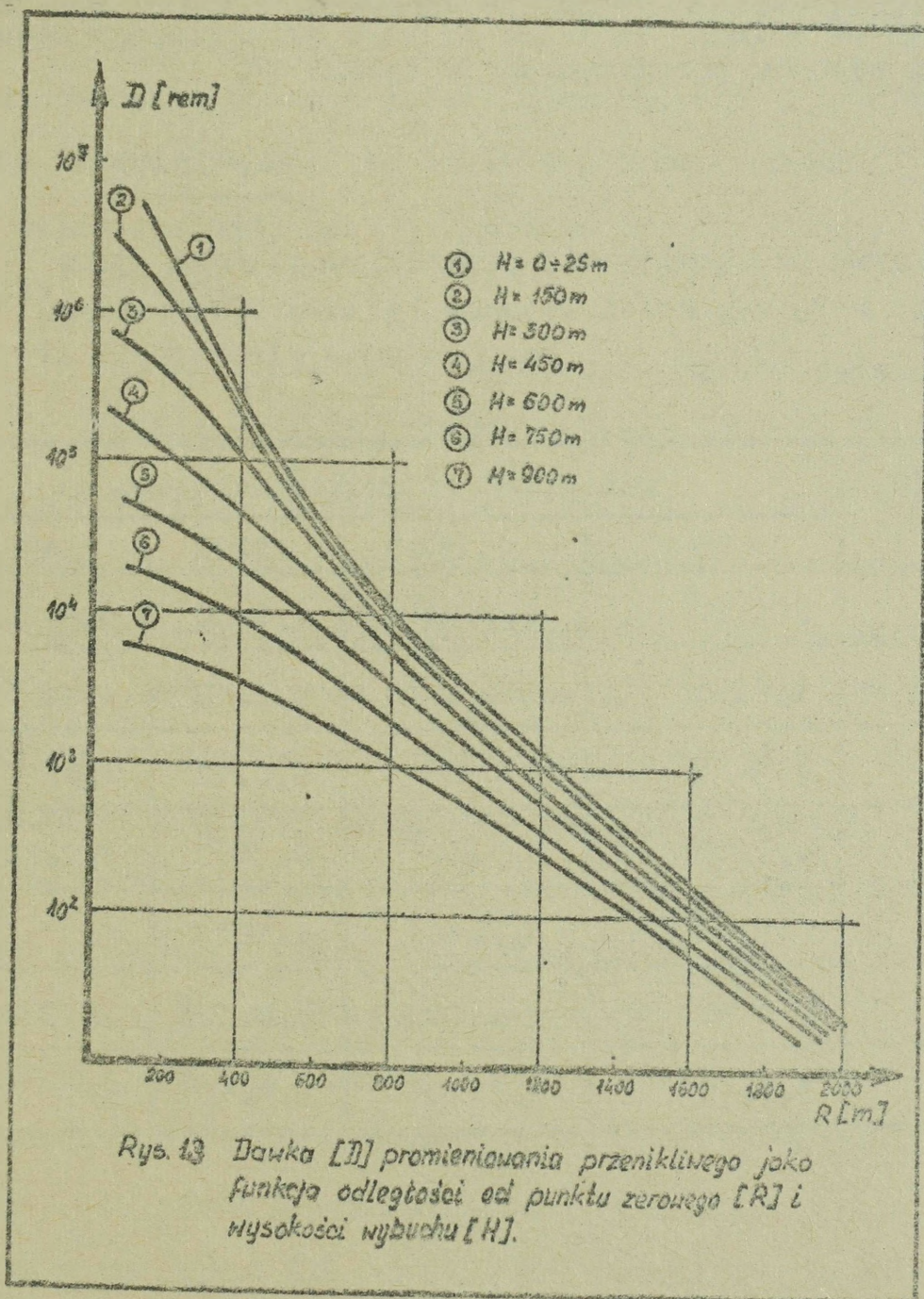
W rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego krzywe dawki sumarycznej i dawki neutronów pokrywają się w pobliżu punktu zerowego wybuchu /do ok. 100 m/, gdzie jak wiadomo, rażenie ludzi następuje poprzez działanie fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego. W odległości od wybuchu 500-1200m, gdzie dawka jest rzędu kilkudziesięciu i kilkuset remów, wartości dawek promieniowania gamma i neutronowego są tego samego rzędu, natomiast w odległości większych od 1200 m promieniowanie gamma odgrywa decydującą rolę w tworzeniu dawki sumarycznej.

W rejonie wybuchu ładunku neutronowego w całym interesującym nas przedziale odległościowym - do 1800 m - zasadniczą rolę w tworzeniu dawki sumarycznej odgrywają neutrony. Zrównania się udziału w obu rodzajów promieniowań w tworzeniu dawki sumarycznej można oczekiwać w obszarze znacznie poniżej 1 rem/poza wykresem/. Natomiast w odległościach 500-1200 metrów dawki neutronów są większe 3 - 10 razy.

Powyższe wnioski wskazują na specyfikę rażącego działania broni neutronowej. W rejonie wybuchu ładunku neutronowego w porównaniu do rozszczepieniowego o tej samej mocy zwiększa się obszar rażenia ludzi, zwielokrotniają się wartości bezwzględne dawek w niewielkich odległościach od wybuchów i zwiększa się udział neutronów w tworzeniu dawki sumarycznej promieniowania przenikliwego.

3.3:6.5. Zależność dawki promieniowania przenikliwego od wysokości wybuchu ładunku neutronowego.

Działanie promieniowania przenikliwego na obiekty na ziemi w przypadku ładunków rozszczepieniowych tylko w nieznacznym stopniu zależy od wysokości wybuchu i w zasadzie różnic tych nie uwzględnia się w rejonach naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych średnich mocy.



W celu minimalizacji oddziaływania na obiekty na ziemi fali uderzeniowej i promieniowania ciepłego wybuchy neutronowe będą wykonywane na wysokości ok. 150m i większej. Stąd też zaznaczy się pewien wpływ wysokości wybuchu na dawkę na powierzchni ziemi.

Dawkę promieniowania przenikliwego jako funkcję odległości od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego i jego wysokości zilustrowano na rysunku 13, a wartości dawek w wybranych odległościach od punktu zerowego, w zależności od wysokości wybuchu przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17

Dawka promieniowania przenikliwego /rem/ jako funkcja wysokości wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt.

Wysokość wybuchu /m/	Odległość od punktu zerowego/m/			
	400	800	1200	1600
0-25	$2,5 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^2$
150	$1,7 \cdot 10^5$	10^4	$1,2 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^2$
300	10^5	$8 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$
450	$4,1 \cdot 10^4$	$5,5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$
600	$1,9 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^2$	10^2
750	$9 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^2$	76
900	$3,5 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^2$	55

Analiza wykresów /danych w tabeli/ prowadzi do wniosku, że duży wpływ wysokości wybuchu na wielkość dawki promieniowania przenikliwego obserwujemy w niewielkich odległościach od punktu zerowego. W pobliżu granicy oddziaływania promieniowania na ludzi/1600m/ zwiększenie wysokości wybuchu do 900 m powoduje około 5 krotne zmniejszenie dawki, natomiast przy wysokościach 0-150m dawka jest praktycznie taka sama. Jeżeli rysunek 13 porównamy z rysunkami 4 i 7 zauważymy, że w celu znacznego ograniczenia oddziaływania na obiekty na ziemi promieniowania cieplnego i fali uderzeniowej przy praktycznie nie zmienionym zasięgu działania promieniowania przenikliwego, najkorzystniej jest wybuchy neutronowe wykonywać na wysokości 150-300m.

3.3.7. Pochłanianie promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy w materiałach osłonowych:

Dowolny ośrodek materialny, w którym rozprzestrzenia się promieniowanie przenikliwe wybuchu jądrowego powoduje jego osłabienie/tj.zmniejszenie intensywności jego parametrów,np: dawki, mocy dawki, strumienia i energii cząstek lub kwantów/. Osłabienie promieniowania wynika bezpośrednio z mechanizmów współdziałania cząstek i kwantów energii z materiałem. Ilość pochłoniętych cząstek/kwantów/ lub pochłoniętej energii zależy od grubości i geometrii/kształtu/ osłony, od rodzaju i własności fizycznych materiału osłonowego oraz od rodzaju, energii i sposobu propagacji promieniowania.

Właściwości ochronne materiału osłonowego charakteryzują się tzw. długością drogi relaksacji promieniowania w danym ośrodku materialnym lub warstwą pochłonną ośrodka w stosunku

do danego rodzaju i energii promieniowania. Wielkości te zależą od własności fizycznych materiału osłonowego oraz od rodzaju i energii promieniowania.

Grubość warstwy osłonowej uwzględnia się poprzez wprowadzenie pojęcia "współczynnika osłabienia promieniowania" materiału osłonowego. Współczynnik ten jest ściśle powiązany z długością drogi relaksacji i warstwą pochłonną, a więc rodzajem materiału oraz rodzajem promieniowania i jego energią:

Kształt osłony /tj. konstrukcję sprzętu bojowego i urządzeń fortyfikacyjnych/ uwzględnia się wprowadzając pojęcie "współczynnika osłabienia promieniowania ukryć". Współczynnik ten odnosi się do dawki promieniowania przenikliwego. Określa on krotność zmniejszenia dawki pochłoniętej przez żołnierzy w ukryciu w stosunku do dawki pochłoniętej w tych samych warunkach w terenie odkrytym.

Z analizy mechanizmów współdziałania z materiałem promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy wynika wniosek, że promieniowanie przenikliwe wyntezy jest gorzej pochłaniane w materiałach osłonowych. Prowadzi to do pogorszenia właściwości ochronnych ukryć. Jest to jednak wniosek jakościowy. W celu wyznaczenia różnic ilościowych w pochłanianiu promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy w niektórych materiałach osłonowych dokonamy porównania długości dróg relaksacji i warstw pochłonnych oraz współczynników pochłaniania obu promieniowań w niektórych rodzajach materiałów osłonowych.

3.3.7.1. Długości dróg relaksacji i warstwy pochłonna
promieniowania przenikliwego rozszczepienia
i syntezy niektórych materiałów osłonowych.

Pochłanianie skolinowanej wiązki monoenergetycznego promieniowania gamma i neutronów w materiale osłonowym podlega prawu wykładniczemu /wzór 15/:

$$I = I_0 \cdot e^{-\Sigma X} \quad \dots 15$$

gdzie I, I_0 - intensywność promieniowania /strumień, dawka, energia itp/ po i przed przeniknięciem warstwy materiału osłonowego ;

Σ - makroskopowy przekrój czynny materiału na pochłanianie cząstek /kwantów/, cm^{-1} ;

X - grubość osłony, cm .

Prawo wykładnicze pochłaniania promieniowania /15/ stosuje się do cienkich /kilkucentymetrowych/ osłon. W przypadkach grubych warstw materiałów osłonowych obserwuje się znaczne odchylenia od tego prawa w kierunku zmniejszenia właściwości ochronnych materiału. Zjawisko to spowodowane jest wielokrotnym rozproszeniem promieniowania i generowaniem w materiale nowych cząstek/kwantów/. Dla grubych osłon wprowadza się więc dodatkowo współczynniki pogrubiania :

$$I = I_0 \cdot B \cdot e^{-\Sigma X} \quad \dots 16$$

gdzie B - współczynnik pogrubiania przyjmujący wartości od 1 do 100, w zależności od rodzaju i grubości osłony.

Makroskopowy przekrój czynny jest iloczynem mikroskopowego przekroju czynnego na wszystkie reakcje współdziałania promieniowania przenikliwego z materią i ilości atomów

materiału osłonowego w objętości 1 cm^3 ;

$$\Sigma_n = \sigma_n \cdot N \quad \dots 17$$

$$\Sigma_\gamma = \sigma_\gamma \cdot N \quad \dots 18$$

gdzie Σ_n, Σ_γ - makroskopowe przekroje czynne na pochłanianie neutronów i kwantów gamma, cm^{-1} ;
 σ_n, σ_γ - mikroskopowe przekroje czynne na pochłanianie neutronów i kwantów gamma, cm^2 ;
 N - ilość atomów materiału osłonowego w objętości jednego centymetra sześciennego, cm^{-3} .

Mikroskopowe przekroje czynne na pochłanianie kwantów /cząstek/ są sumą przekrojów czynnych na wszystkie reakcje współdziałania ich z materiałą :

$$\sigma_n = \sigma_{rs} + \sigma_{rn} + \sigma_w \quad \dots 19$$

$$\sigma_\gamma = \sigma_{rf} + \sigma_{rk} + \sigma_{tp} \quad \dots 20$$

gdzie σ_n - przekrój czynny na pochłanianie neutronów ;
 σ_{rs} - przekrój czynny na rozproszenie sprężyste neutronów ;
 σ_{rn} - przekrój czynny na rozproszenie niesprężyste neutronów ;
 σ_w - przekrój czynny na wychwyt neutronów ;
 σ_γ - przekrój czynny na pochłanianie kwantów gamma ;
 σ_{rf} - przekrój czynny na zjawisko fotoelektryczne ;
 σ_{rk} - przekrój czynny na rozproszenie komptonowskie ;

δ_{tp} - przekrój czynny na zjawisko tworzenia się par elektron-pozyton.

Ilość atomów w objętości jednego centymetra sześciennego dowolnego materiału wynosi:

$$N = N_a \cdot \frac{\rho}{A}, \text{ cm}^{-3} \quad \dots 21$$

gdzie N_a - liczba Avogadro $/6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}/$;

ρ - gęstość materiału, g/cm^3 ;

A - masa molowa, g/mol .

Po podstawieniu wzoru 21 do wzorów 17 lub 18 otrzymujemy związek makroskopowego przekroju czynnego z mikroskopowym:

$$\Sigma = 6,023 \cdot 10^{23} \cdot \frac{\rho \cdot \delta}{A}, \text{ cm}^{-1} \quad \dots 22$$

Przekroje czynne na poszczególne reakcje współdziałania promieniowania przenikliwego z materią zależne są od energii cząstek /kwantów/ i zmieniają się w dość szerokich granicach, a przy pewnych energiach wykazują charakterystyczne rezonanse /gwałtowny wzrost/. Fakty te powodują, że przekrojem czynnym możemy się posługiwać tylko podczas badania zjawisk pochłaniania promieniowania monoenergetycznego. Uwzględnienie wszystkich energii cząstek /kwantów/ szerokopasmowego promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego jest niemożliwe. Podczas badania zjawisk pochłaniania promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego, w stosunku do całego widma energetycznego cząstek /kwantów/ stosuje się tzw. efektywny przekrój czynny $/\delta_{ef}/$. Wprowadzenie pojęcia efektywnego przekroju czynnego pochłaniania neutronów $/\delta_{efn}/$ i kwantów promieniowania gamma $/\delta_{ef\gamma}/$ pozwala, poza energią całego widma, uwzględnić również różnice w pochłanianiu szerokiej i skolimowanej wiązki promieniowania przenikliwego.

Zmniejszenie dawki po przejściu promieniowania przenikliwego przez osłonę w stosunku do dawki przed osłoną wiąże się z pochłonięciem w materiale osłonowym określonej ilości energii. W tym przypadku efektywny przekrój czynny równoważny jest tzw. liniowemu współczynnikowi pochłaniania promieniowania^{x/}. Wzór 15 przyjmuje postać:

$$D_{\gamma x} = D_{\gamma} \cdot e^{-\mu_{\gamma} x} \quad , R \quad \dots 23$$

$$D_{n x} = D_n \cdot e^{-\mu_n x} \quad , \text{rem} \quad \dots 24$$

gdzie D_{γ} , D_n - dawka promieniowania gamma i dawka neutronów w terenie odkrytym ;

$D_{\gamma x}$, $D_{n x}$ - dawka promieniowania gamma i dawka neutronów za osłoną ;

μ_{γ} , μ_n - liniowe współczynniki osłabienia promieniowania gamma i neutronów.

Zauważmy, że jeżeli do wzorów 23 i 24 podstawimy za D_x wartości D/e , tj. gdy dawka za osłoną zmniejsza się e razy, to grubość warstwy osłabienia przyjmie wartość odwrotności liniowego współczynnika pochłaniania. Taką grubość materiału osłonowego, która osłabia promieniowanie e /ok.2,7/razy nazwano średnią drogą przebiegu cząstki /kwantu/ w danym materiale lub długością drogi relaksacji $(\lambda_{\gamma}, \lambda_n)$:

$$\lambda_{\gamma} = \frac{1}{\mu_{\gamma}} \quad , \text{cm} \quad \dots 25$$

$$\lambda_n = \frac{1}{\mu_n} \quad , \text{cm} \quad \dots 26$$

Jeżeli natomiast do wzorów 23 i 24 podstawimy za D_x wartości

^{x/} pojęcie to zostało wprowadzone jeszcze przed poznaniem mechanizmów współdziałania promieniowania z materiałem.

$D/2$, tj. gdy dawka za osłoną zmniejsza się 2 razy, to grubość warstwy osłabienia przyjmie wartość $\ln 2/\mu$. Taką grubość materiału osłonowego, która osłabia promieniowanie dwukrotnie nazwano warstwą połowicznego osłabienia lub warstwą półchłonna / d_{γ} , d_n / :

$$d_{\gamma} = \frac{\ln 2}{\mu_{\gamma}} ; \text{ cm} \quad \dots 27$$

$$d_n = \frac{\ln 2}{\mu_n} ; \text{ cm} \quad \dots 28$$

Długość drogi relaksacji i warstwa półchłonna są wielkościami stałymi dla danego rodzaju materiału osłonowego i określają właściwości ochronne materiału w stosunku do danego rodzaju promieniowania o określonej energii cząstek /kwantów/ lub ich widma. Związek pomiędzy drogą, relaksacji i warstwą półchłonna promieniowania gamma i neutronowego określają wzory:

$$\lambda_{\gamma} = \frac{d_{\gamma}}{\ln 2} \quad \dots 29$$

$$\lambda_n = \frac{d_n}{\ln 2} \quad \dots 30$$

Długości dróg relaksacji i warstwy półchłonne dla materiałów konstrukcyjnych stosowanych do budowy ukryć przed promieniowaniem wyznaczane są eksperymentalnie. W tabelach podawane są ich wartości w stosunku do całego widma energetycznego promieniowania gamma i neutronów wybuchu jądrowego. Dane te dla niektórych materiałów osłonowych, dotyczące składników promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy, zestawiono w tabelach 18 i 19. Dane zaczerpnięto z "Bojowyje swojstwa jądrowego oruzija", wyd. MO SSSR Moskwa 1967r.

Tabela 18

Długości dróg relaksacji promieniowania przenikliwego rozszczepienia / $\lambda_{\gamma r}$, λ_{nr} / i syntezy / $\lambda_{\gamma s}$, λ_{ns} / dla niektórych rodzajów materiałów osłonowych, cm.

Rodzaj materiału i jego gęstość /g/cm ³ /	Promieniowanie gamma		Promieniowanie neutronowe	
	$\lambda_{\gamma r}$	$\lambda_{\gamma s}$	λ_{nr}	λ_{ns}
1. Drewno /0,7/	44	57	14	20
2. Polietylen /0,9/	31,4	44	3,9	7
3. Woda /1/	29,5	40	3,9	7
4. Ziemia /1,6/	18,8	26	12,7	16
5. Cegła /1,6/	18,8	26	14,4	20
6. Beton /2,3/	13,7	18	11,8	14
7. Pancierz /7,8/	5	5	16,6	17

Tabela 19

Warstwy pochłonne promieniowania przenikliwego rozszczepienia / $d_{\gamma r}$, d_{nr} / i syntezy / $d_{\gamma s}$, d_{ns} / dla niektórych rodzajów materiałów osłonowych, cm.

Rodzaj materiału	Promieniowanie gamma		Promieniowanie neutronowe	
	$d_{\gamma r}$	$d_{\gamma s}$	d_{nr}	d_{ns}
1. Drewno	30,5	40	9,7	14
2. Polietylen	21,8	31	2,7	4,9
3. Woda	20,4	28	2,7	4,9
4. Ziemia	13	18	9	11
5. Cegła	13	18	10	14
6. Beton	9,5	12,5	8,2	9,8
7. Pancierz	3,5	3,5	11	12

Z tabel 18 i 19 wynika, że o ile dla promieniowania gamma możemy zaobserwować pewną prawidłowość wzrostu właściwości ochronnych materiału /zmniejszenie długości drogi relaksacji i warstwy pochłonnej/ wraz ze wzrostem gęstości materiału, to dla promieniowania neutronowego prawidłowość taka nie występuje. Przykładowo, woda i polietylen osłabiają lepiej promieniowanie neutronowe niż pancerze i beton choć ich gęstości są kilkakrotnie mniejsze od żelaza i betonu. Zjawiska te są w pełni uzasadnione, omówionymi wcześniej, różnicami mechanizmów współdziałania neutronów i kwantów gamma z materią.

Z tabel 18 i 19 wynika również, że zarówno promieniowanie gamma jak i neutronowe pochodzące z wybuchu ładunku syntezy /neutronowego/ jest bardziej przenikliwe /gorzej pochłaniane we wszystkich materiałach/ od promieniowania pochodzącego z wybuchu ładunku rozszczepieniowego. Zwiększenie dróg relaksacji i warstw pochłonnych jest w granicach 10-30%.

3.3.7.2. Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy niektórych materiałów osłonowych.

Równania opisujące pochłanianie promieniowania przenikliwego w materiałach osłonowych - typu 23 lub 24 - możemy przedstawić w postaci :

$$D_x = \frac{D}{e^{\mu x}} \quad \dots 31$$

Wyrażenie występujące w równaniu 31 w mianowniku nazywa się współczynnikiem osłabienia promieniowania materiału osłonowego k. Współczynnik ten można wyrazić długością drogi

relaksacji lub warstwą pochłonną :

$$k_{\gamma} = e^{-\frac{x}{a_{\gamma}}} \quad \dots 32$$

$$k_{\gamma} = 2^{-\frac{x}{a_{\gamma}}} \quad \dots 33$$

$$k_m = e^{-\frac{x}{a_m}} \quad \dots 34$$

$$k_m = 2^{-\frac{x}{a_m}} \quad \dots 35$$

Zę wzorów 32-35 wynika, że współczynnik osłabienia zależy od rodzaju promieniowania i energii cząstek/kwantów/ oraz, że jest funkcją wykładniczą grubości osłony. Po zlogarytmowaniu stronami wzorów 32-35 otrzymujemy :

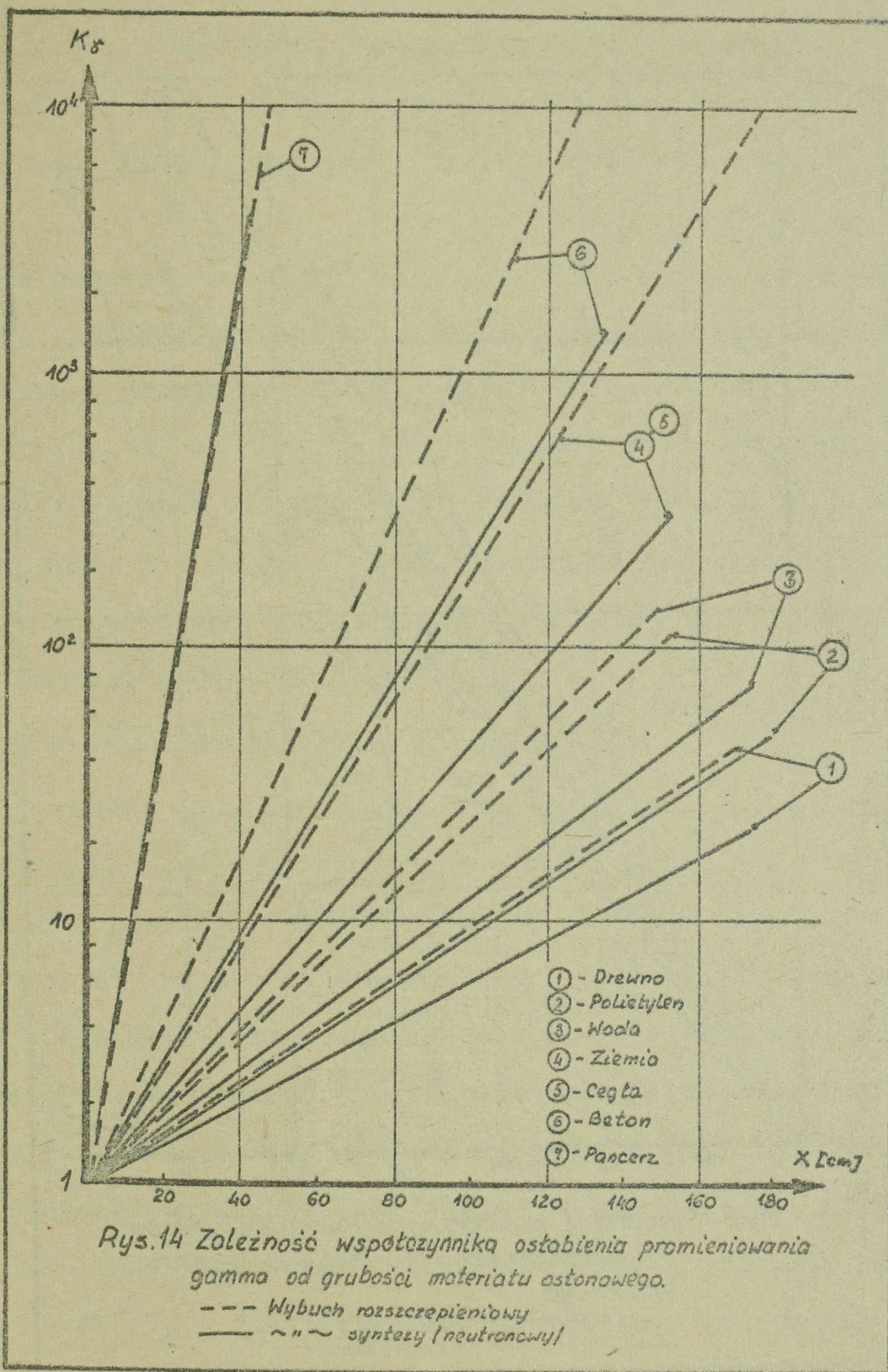
$$\lg k = C \cdot x \quad \dots 36$$

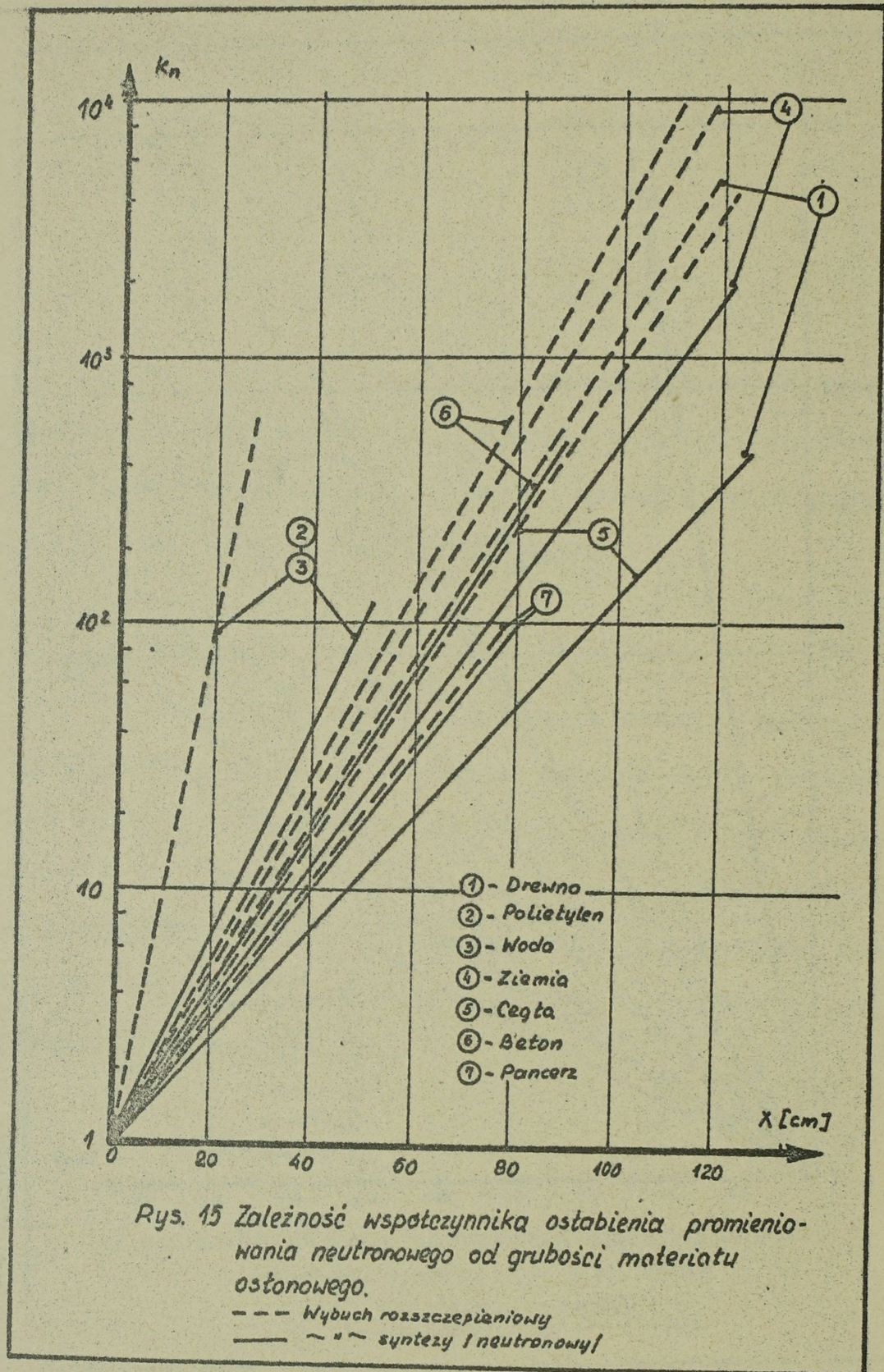
gdzie C - wielkość stała dla danego rodzaju osłony.

Wzór 36 informuje, że logarytm współczynnika pochłaniania jest funkcją liniową grubości osłony. Stała C jest tangensem kąta nachylenia prostej w stosunku do osi x. Wielkość ta charakterystyczna jest dla każdego rodzaju materiału osłonowego ; jej związek z warstwą pochłonną i długością drogi relaksacji jest następujący:

$$C = \frac{0,3010}{d} \quad \dots 37$$

$$C = \frac{0,3160}{\lambda} \quad \dots 38$$





Rys. 15 Zależność współczynnika osłabienia promieniowania neutronowego od grubości materiału osłonowego.

Współczynniki osłabienia promieniowania gamma i neutronowego rozszczepienia i syntezy, jako funkcje grubości różnych osłon, zilustrowano na rysunkach 14 i 15. Proste wykresy zostały na podstawie danych zawartych w tabelach 18 i 19 przy wykorzystaniu zależności k od x , opisanych wzorami 32-38:

Na podstawie wykresów /rys. 14 i 15/ można dokonać ilościowych porównań zdolności pochłaniającej promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy różnych materiałów osłonowych. Np. 60 cm warstwa ziemi osłabia dawkę promieniowania gamma: w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego około 25 krotnie, a w rejonie wybuchu ładunku neutronowego około 10 krotnie. Ta sama warstwa ziemi osłabia dawkę neutronów odpowiednio: około 120 i 45 razy:

3.4: Skażenie promieniotwórcze terenu.

W punkcie 2.1. stwierdziliśmy, że cząstki pyłu zawarte w obłoku promieniotwórczym po ochłodzeniu się i opadnięciu na ziemię powodują skażenie promieniotwórcze terenu i znajdujących się na nim obiektów. Na pył promieniotwórczy składają się szkliste, najczęściej kuliste, cząstki stopniowego, a następnie zastygłego gruntu. Cząstki te mają wymiary od kilku do kilkuset mikronów. Zawierają one domieszkę substancji radioaktywnych. Na substancje te składają się nieprereagowana część materiału rozszczepialnego, produkty reakcji rozszczepienia i izotopy promieniotwórcze powstałe w wyniku aktywacji neutronowami pierwiastków otoczenia. Łącznie, jest to mieszanina kilkuset izotopów kilkudziesięciu pierwiastków chemicznych. Pył promieniotwórczy o powyższym składzie powstaje

w szczególnie dużych ilościach podczas naziemnych i podziemnych wybuchów jądrowych. W czasie od kilku do kilkudziesięciu minut po wybuchu jest on unoszony do góry przez pionowe prądy powietrza na znaczne wysokości, a następnie rozsiwany przez wiatr na ogromnych obszarach. Przykładowo, przy naziemnym wybuchu jądrowym o mocy 100 kt wysokość wzniesienia się górnej krawędzi obłoku promieniotwórczego wynosi 12 km, a wymiary obszaru umiarkowanego skażenia terenu osiągają rozmiary 15 x 180 km.

W wyniku osiadania pyłu promieniotwórczego następuje skażenie promieniotwórcze terenu. Zagrożenie, jakie stwarza skażony teren dla wojsk /organizmów żywych/ charakteryzuje się mocą dawki. Pomiarów mocy dawki dokonuje się na wysokości 1 m nad ziemią. Pył promieniotwórczy skaża również wojska, tj. ludzi, umundurowanie, sprzęt bojowy, środki transportowe itp. Rozróżnia się pierwotne i wtórne skażenie wojsk. Ze skażeniem pierwotnym spotykamy się w przypadku osiadania pyłu promieniotwórczego bezpośrednio z obłoku powstałego po wybuchu jądrowym. Skażenie wtórne powstaje w przypadku wejścia w teren skażony po wypadnięciu pyłu promieniotwórczego, w wyniku jego unoszenia z powierzchni ziemi, np. przez koła /gąsiennice/ pojazdów. Stopień skażenia ludzi i sprzętu mierzy się w milirentgenach na godzinę /mR/h/. Pomiarów dokonuje się bezpośrednio nad powierzchnią skażoną.

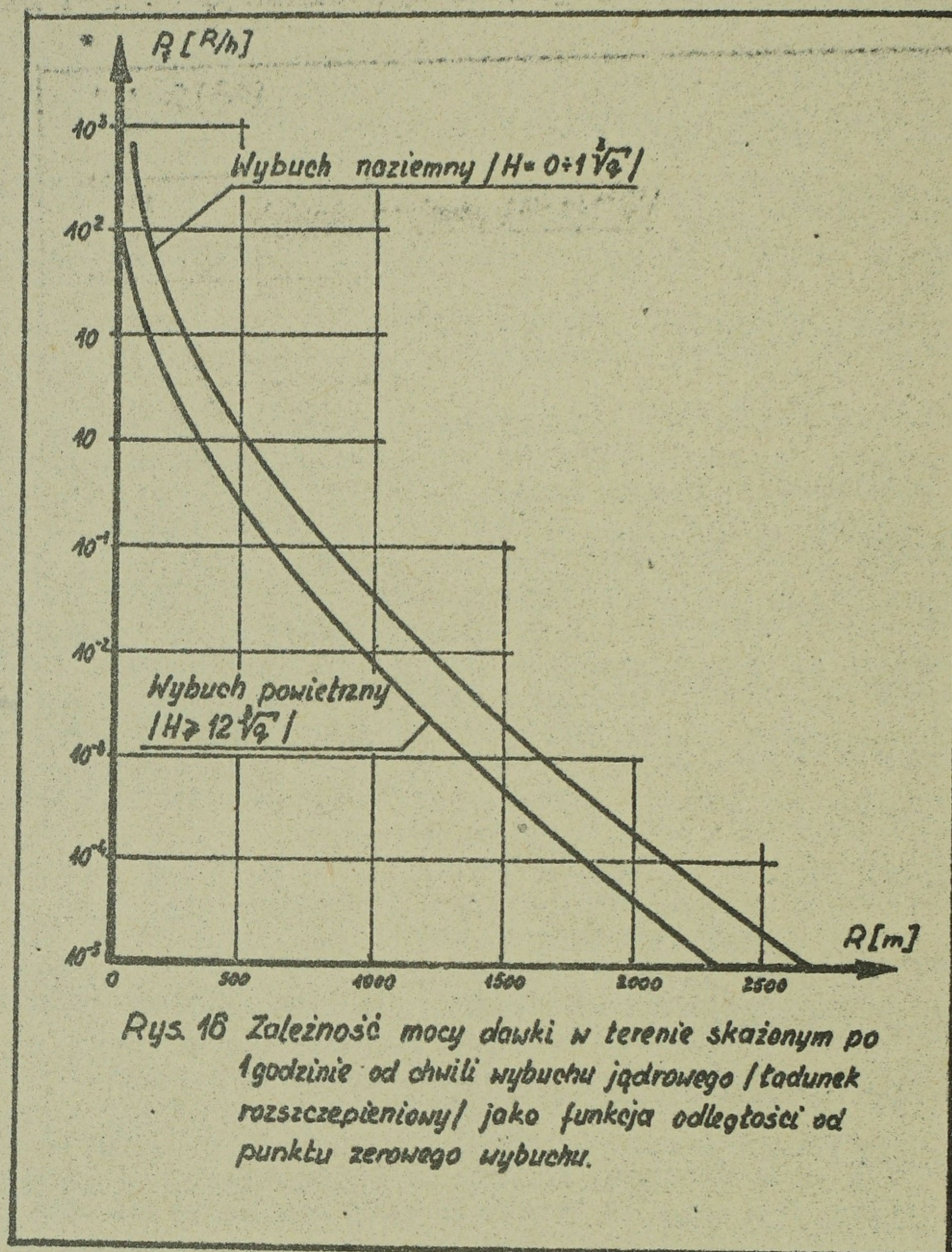
Skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie wybuchu i na drodze przemieszczania się obłoku promieniotwórczego/tzw. ślad obłoku/ powstaje tylko po naziemnych i podziemnych wybuchach jądrowych. Po wybuchach powietrznych skażeniu ulega

tylko sam rejon wybuchu. Moce dawek w terenie skażonym w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego są znacznie mniejsze niż w rejonie wybuchu naziemnego. Głównym źródłem skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie wybuchu powietrznego są izotopy promieniotwórcze powstałe w wyniku aktywacji neutronami pierwiastków gleby /tzw. promieniotwórczość wzbudzona/.

Wybuch neutronowy wykonany na wysokości około 150 m i większej zakwalifikowaliśmy do wybuchów powietrznych^{x/}. Ponadto wiadomo, że zasadniczym źródłem energii ładunku neutronowego jest jądrowa reakcja syntezy, co zmniejsza dodatkowo ilość substancji promieniotwórczych pochodzących z materiału rozszczepialnego. Fakty te pozwalają wnioskować, że skażenie promieniotwórcze po wybuchu neutronowym powstanie tylko w rejonie wybuchu/nie powstanie ślad obłoku promieniotwórczego/ oraz, że jedynym znaczącym źródłem skażenia będzie proces aktywacji neutronami pierwiastków gleby /aktywność wzbudzona/. Wnioski te są przydatne do oszacowania rozmiarów stref skażeń promieniotwórczych w rejonach wybuchów neutronowych, a w szczególności do wyznaczenia zależności mocy dawki od odległości od wybuchu, czasu po wybuchu i mocy ładunku neutronowego.

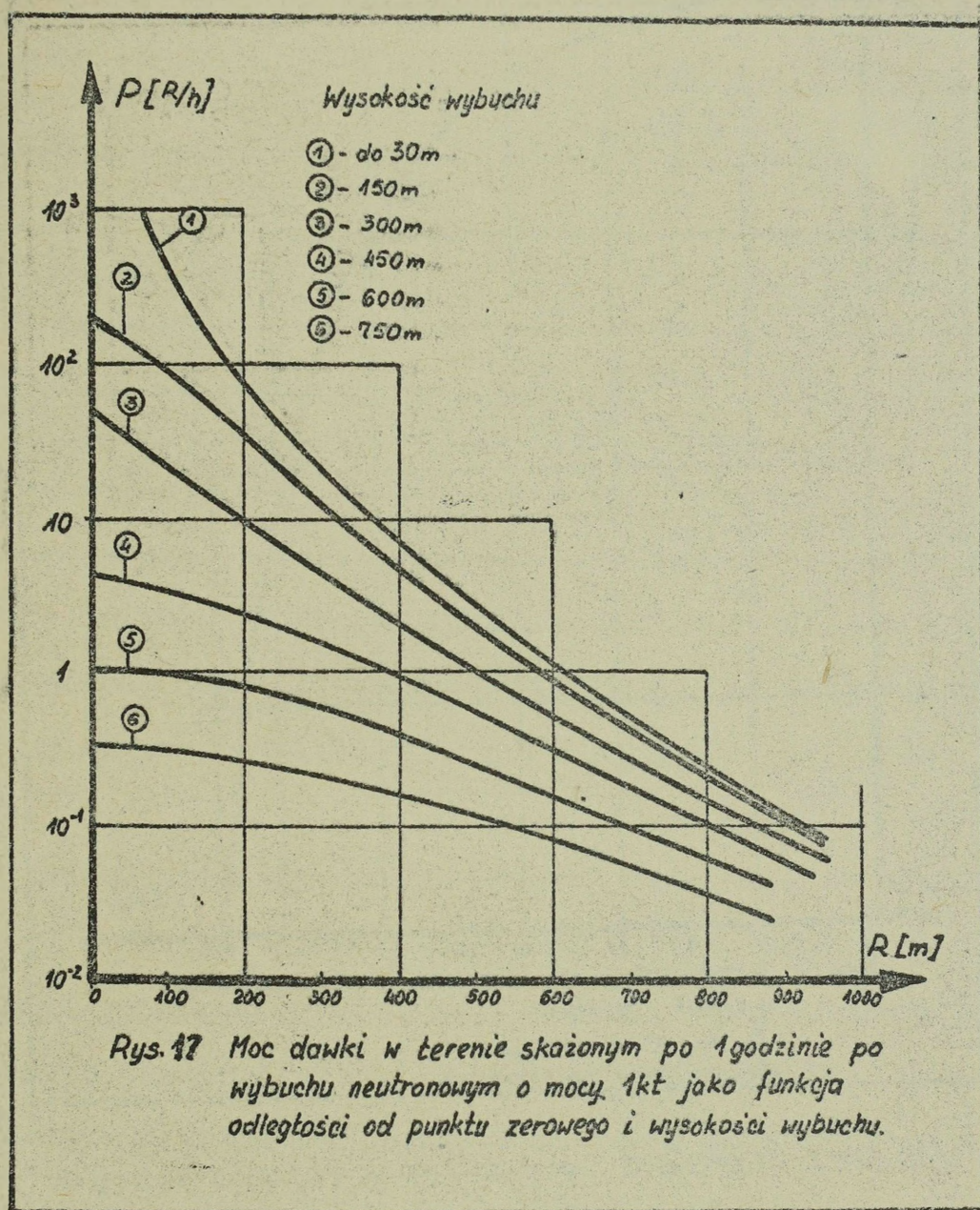
Jak wykazaliśmy w punkcie 3.3.3. w przeliczeniu na jednostkę mocy wybuchu ładunku neutronowego wydziela się 6-8 razy więcej neutronów niż przy ładunku rozszczepieniowym. Stąd wniosek, że w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt powstaną takie strefy skażeń promieniotwórczych -----
x/patrz pkt. 2.1. i 3.3.6.5.

jakie tworzą się w rejonie wysokiego powietrznego wybuchu ładunku rozszczepieniowego o mocy 6-8 kt.



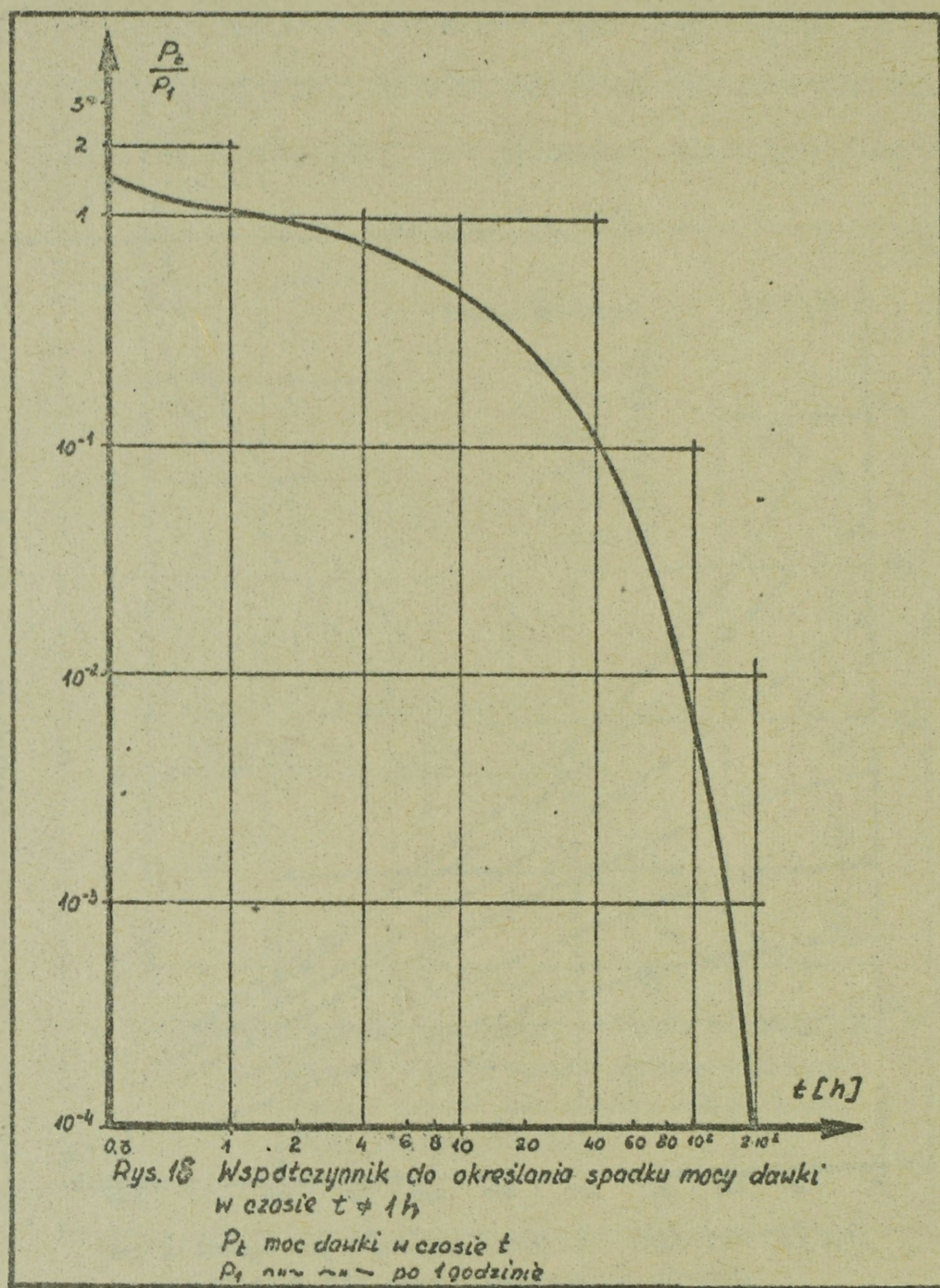
Moc dawki w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego /rozszczerpieniowego/ o mocy 1 kt po jednej godzinie jako funkcję odległości od wybuchu przedstawiono na wykresie /rys.16/. Moc dawki w dowolnym punkcie rejonu skażonego i w dowolnym czasie po wybuchu jest wprost proporcjonalna do mocy ładunku. Wynika z tego, że w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt,

w identycznych warunkach /ten sam czas i ta sama odległość/,
 moc dawki będzie 6-8 razy większa! Wykorzystując te zależności
 sporządzono wykresy mocy dawek, -panujących po jednej godzinie
 w rejonach wybuchów ładunków neutronowych /rys.17/.



Moc dawki w rejonie wybuchu ładunku neutronowego w innym czasie niż 1 godzina po wybuchu można obliczyć mnożąc wartość mocy dawki odczytaną z wykresu /rys.17/ przez współczynnik, uwzględniający jej spadek w miarę upływu czasu. Współczynnik

ten odczytujemy z wykresu przedstawionym na rysunku 18.



Przykładowe wartości mocy dawek w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150m, w różnym czasie po wybuchu i w różnych odległościach od punktu zerowego, zestawiono w tabeli 20:

Tabela 20

Moc dawki $/R/h/$ w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150m jako funkcje czasu i odległości od punktu zerowego:

Odległość od punktu zerowego, m:	Moc dawki, w czasie po wybuchu:					
	0,5 h	1 h	5 h	10 h	1 dzień	2 dni
0	220	200	140	90	44	1,5
100	100	90	61	41	20	0,7
200	38,5	35	24	16	7,7	2,8
400	5,5	5	3,5	2,2	1	0,4
600	0,9	0,8	0,56	0,27	0,16	0,06
800	0,22	0,2	0,14	0,09	0,04	0,0016
1000	0,07	0,06	0,04	0,03	0,006	0,005

Moce dawek w rejonach wybuchów neutronowych o innych mocach ładunku niż 1 kt można określić mnożąc wartości mocy dawek, odczytane z tabeli 20 /wykresu na rys. 17/ przez moc ładunku.

Z punktu widzenia oceny rażącego działania promieniotwórczego skażenia terenu interesujące jest określenie dawek, jakie mogą pochłonąć żołnierze w rejonie wybuchu neutronowego w różnym czasie i różnej odległości od wybuchu.

Dawkę w rejonie wybuchu jądrowego na podstawie zmierzonej/obliczonej/ mocy dawki po 1 godzinie po wybuchu wyznacza się ze wzoru:

$$D = P_1 / W_1 - W_2 / \dots 39$$

gdzie D - dawka, R;

P_1 - moc dawki po 1 godzinie, R/h;

W_1 i W_2 - współczynniki zależne od czasu t_1 /początku/
i t_2 /końca/ napromienienia.

Wartości współczynników dla powietrznego wybuchu jądrowego, wykonanego na wysokości zredukowanej równej i większej od $12 \sqrt[3]{q}$ /tj: w przypadku wybuchu neutronowego o mocy 1kt - na wysokości ponad 120 m/, zestawione są w tabeli 21.

Tabela 21

Współczynniki do obliczenia dawek na podstawie znanych wartości mocy dawek po 1 godzinie po wybuchu.

Czas t_1 lub t_2 /godziny/	Współczynnik W_1 lub W_2	Czas t_1 lub t_2 /godziny/	Współczynnik W_1 lub W_2
0,1	17,8	10	8,9
0,25	16,8	24	4,56
0,5	16,2	48	1,58
1	15	72	0,5
1,5	14,4	96	0,17
2	13,8	144	0,02
3	12,9	240	0,01
5	11,5	∞	0

Na podstawie wzoru 39 i danych zawartych w tabelach 20 i 21 obliczone zostały dawki napromienienia w różnym czasie po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt. Wyniki obliczeń

zestawiono w tabeli 22.

Tabela 22

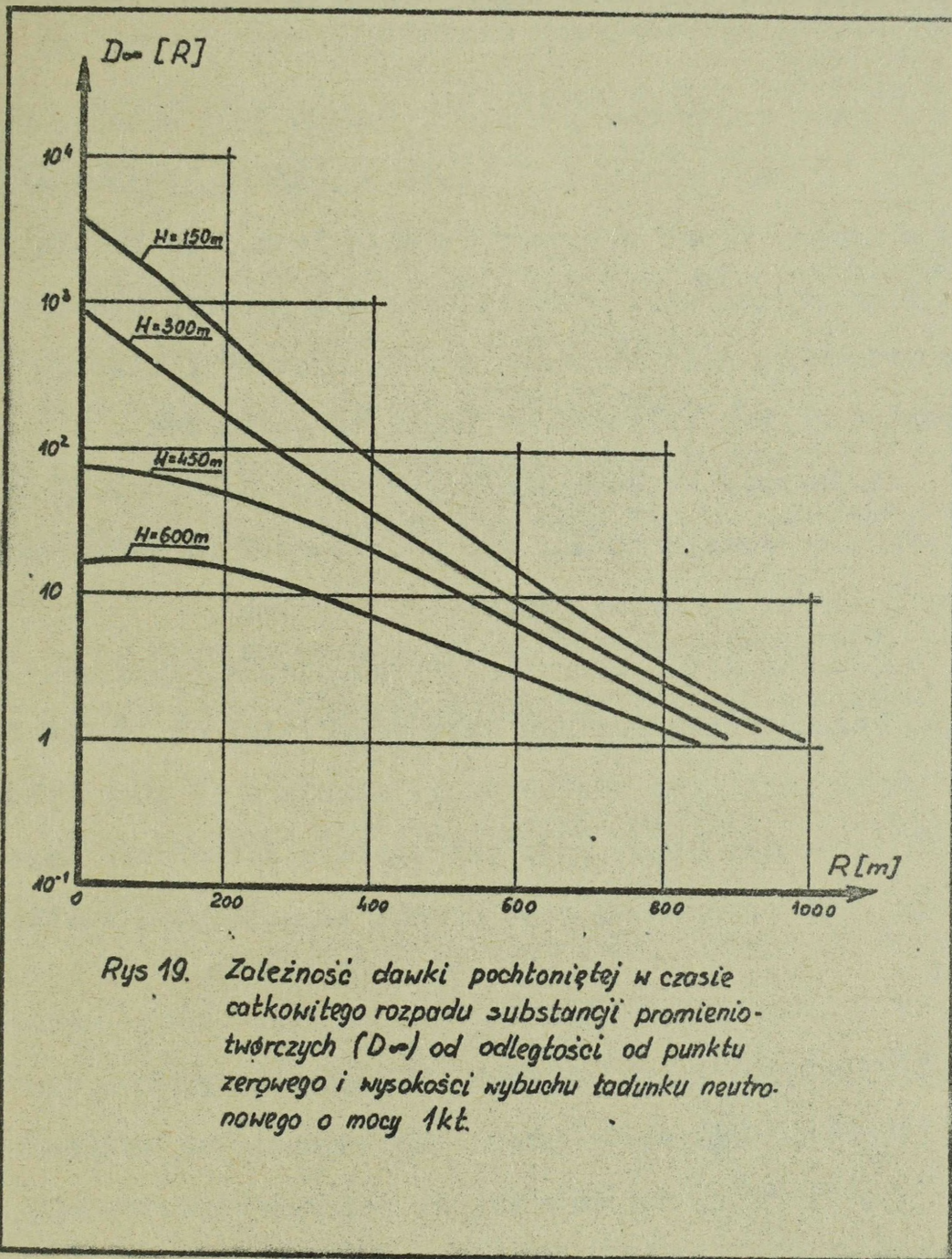
Dawki napromienienia / R/, które mogą pochłoniąć żołnierze nie ukryci podczas działania w rejonie skażonym po wybuchu neutronowym o mocy 1 kt.

Czas prze- bywania	Odległość od punktu zerowego ,m			
	0	100	400	800
a/ wejście 6 minut po wybuchu				
0,5 h	320	140	8	0,3
1 h	560	250	14	0,6
5 h	1270	570	31	1,3
10 h	1780	800	44	1,8
1 d	2650	1200	67	2,7
2 d	3250	1460	82	3,3
∞	3560	1580	89	3,6
b/ wejście 0,5 godziny po wybuchu				
0,5 h	240	108	6	0,24
1 h	430	162	9	1
5 h	1000	450	25	1
10 h	1500	680	38	1,5
1 d	2350	1050	58	2,4
2 d	2940	1320	73	3
∞	3250	1460	81	3,3
c/ wejście 2 godziny po wybuchu				
0,5 h	90	41	2,3	0,01
1 h	180	81	4,5	0,18
5 h	780	340	19	0,8
10 h	1100	500	28	1,1
1 d	1860	840	47	1,9
2 d	2460	1100	62	2,5
∞	2760	1220	69	2,8

Z tabeli 22 wynika, że wejście w pobliżu punktu zerowego wybuchu neutronowego /na wysokości 150 m/ na czas dłuższy niż 0,5 godziny nawet po 2 godzinach po wybuchu jest niebezpieczne - dawka napromienienia wynosi ponad 90R. Natomiast, w odległościach 400-800 m od punktu zerowego wybuchu, gdzie prawdopodobnie prowadzona będzie akcja ratownicza, dawki napromienienia pochłonięte przez żołnierzy podczas długotrwałego działania poza ukryciami nie powodują utraty zdolności bojowej :

Teren skażony substancjami promieniotwórczymi często - do celów prognozowania skażeń - charakteryzuje się dawką promieniowania, jaka pochłaniana jest przez organizm w okresie pełnego rozpadu substancji promieniotwórczych, tj. gdy czas przebywania w danym punkcie terenowym dąży do nieskończoności. Dawką w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych $/D_{\infty} /$ jako funkcję odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu przedstawiono na rysunku 19:

Dane przedstawione na rysunku 19 dotyczą ładunku neutronowego o mocy 1 kt. Mogą one służyć również do wyznaczenia D_{∞} w rejonach wybuchów neutronowych o innych mocach. W tym celu należy dawkę odczytaną z wykresu pomnożyć przez moc ładunku, wyrażoną w kilotonach. Np. dawka pochłaniana w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych w odległości 400 m od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1 kt /odczytana z wykresu na rysunku 19/ wynosi około 90 rentgenów. Dla mocy wybuchów neutronowych 0,5 i 5 kt orientacyjne dawki będą wynosić odpowiednio 45 i 450 rentgenów.



Rys 19. Zależność dawki pochłoniętej w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych (D_{∞}) od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt.

4. Wnioski.

A. W zakresie budowy i zasady działania ładunku neutronowego.

1. W broni neutronowej wykorzystywana jest energia uzyskiwana w reakcjach jądrowych ; dlatego broń neutronowa nie jest nowym rodzajem broni masowego rażenia lecz jest bronią jądrową;

2. Źródłem energii, wyzwalającej się podczas wybuchu ładunku neutronowego jest reakcja jądrowa syntezy ; dlatego broń neutronową możemy zaliczyć do broni termojądrowej.

3. Inicjowanie reakcji syntezy w broni neutronowej odbywa się ładunkiem rozszczepieniowym ; dlatego broń neutronową możemy zaliczyć do broni jądrowej dwufazowej.

4. Całkowita ilość energii, wyzwalająca się podczas wybuchu ładunku neutronowego jest równoważna około 1kt TNT. Moc wybuchu jest więc wielokrotnie mniejsza od mocy wybuchu ładunku termojądrowego, w dotychczasowym rozumieniu tego terminu. Broń neutronowa jest bronią termojądrową zminiaturyzowaną.

B. W zakresie charakterystyki wybuchu neutronowego.

1. Wybuchowi ładunku neutronowego towarzyszą takie same zjawiska jakie obserwowane są podczas powietrznego wybuchu jądrowego małej mocy, tj. błysk, kula ognista, podmuch i dźwięk oraz powstawanie obłoku pyłowego w kształcie grzyba. Energia jądrowa, wyzwalająca się podczas wybuchu ładunku neutronowego/podobnie jak przy wybuchu ładunku rozszczepieniowego/ wydziela się w postaci fali uderzeniowej, promienio-

wania cieplnego, promieniowania przenikliwego i skażenia promieniotwórczego terenu. Wybuchowi towarzyszy również impuls elektromagnetyczny.

2. Podczas wybuchu ładunku neutronowego zasadniczo inny jest podział energii na poszczególne czynniki rażenia, w porównaniu z rozkładem energii wybuchu ładunku rozszczepieniowego.

W porównaniu z ładunkiem rozszczepieniowym na poszczególne czynniki rażenia orientacyjnie przypada :

- na falę uderzeniową 2-5 razy mniej ;
- na promieniowanie ciepłe 2-3 razy mniej ;
- na promieniotwórcze skażenie terenu dziesięciokrotnie mniej ;
- na promieniowanie przenikliwe dziesięciokrotnie więcej;
- na impuls elektromagnetyczny tyle samo energii wybuchu.

C. W zakresie charakterystyki czynników rażenia wybuchu neutronowego .

1. Falę uderzeniową wybuchu neutronowego można scharakteryzować, podobnie jak przy ładunku rozszczepieniowym, impulsem maksymalnego nadciśnienia czoła fali. Nadciśnienie to, w dowolnym punkcie w rejonie uderzenia można wyznaczyć z prawa podobieństwa wybuchów przyjmując około dwukrotne zmniejszenie mocy termodynamicznej ładunku neutronowego w stosunku do rozszczepieniowego.

2. Promieniowanie ciepłe wybuchu neutronowego można scharakteryzować impulsem skutecznym. Zależność impulsu cieplnego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu

można opisać na podstawie znanych zależności dla ładunków rozszczepieniowych; przyjmując około dwukrotne zmniejszenie mocy termodynamicznej ładunku neutronowego w stosunku do rozszczepieniowego.

3. Promieniowanie przenikliwe emitowane podczas wybuchu ładunku neutronowego jakościowo nie różni się od promieniowania przenikliwego pochodzącego od ładunku rozszczepieniowego. W obydwu przypadkach na promieniowanie przenikliwe składa się strumień neutronów i kwantów gamma. Zasadnicze różnice uwiadcniają się przy charakterystykach ilościowych promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy .

a/ Podczas wybuchu ładunku neutronowego zasadniczym źródłem neutronów jest reakcja jądrowa syntezy, w której powstają wysokoenergetyczne neutrony, o energiach do 14 MeV. Ilość neutronów w przeliczeniu na jednostkę mocy wybuchu emitowana ze środowiska reakcji jądrowej w przypadku ładunku neutronowego jest około 6-8 krotnie większa niż w przypadku ładunku rozszczepieniowego. Zasadniczym źródłem kwantów gamma w rejonie wybuchu ładunku neutronowego jest reakcja wychwytu neutronów w powietrzu.

b/ Sposób rozprzestrzeniania się promieniowania w powietrzu, jego rażące działanie i pochłanianie w materiałach osłonowych oraz udział neutronów i kwantów gamma w tworzeniu dawki sumarycznej wynika z mechanizmów współdziałania promieniowania z materią. Kwanty gamma współdziałają z powłokami elektronowymi atomów, w następujących procesach: efekt fotoelektryczny, rozproszenie komptonowskie i efekt tworzenia się par: elektron-pozyton. Neutrony współdziałają

z jądrami atomowymi pierwiastków. Mechanizmy współdziałania neutronów z materią, prowadzącej się do zachodzenia następujących zjawisk: rozproszenie sprężyste, rozproszenie niesprężyste i wychwyty /pochłonięcie/ neutronu.

c/ Specyfika rażącego działania promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego polega na zwiększeniu zasięgu oddziaływania neutronów i kwantów gamma /względny zwiększeniu dawki sumarycznej w dowolnym punkcie pola promieniowania/, zwielokrotnieniu dawek bezwzględnych w pobliżu granicy oddziaływania pozostałych czynników rażenia i zwiększeniu udziału neutronów w tworzeniu dawki sumarycznej, tj. zwiększeniu skuteczności biologicznej, w porównaniu z rażącym działaniem promieniowania przenikliwego wybuchu ładunku rozszczepieniowego.

d/ W związku z wyższą energią widm promieniowania gamma i neutronowego wybuchu syntezy w stosunku do rozszczepienia; w rejonie wybuchu neutronowego pogarszają się właściwości ochronne materiałów osłonowych. Warstwy pochłonne i drogi relaksacji promieniowania przenikliwego w materiałach osłonowych zwiększają się o 10-30%, co prowadzi do zmniejszenia współczynników osłabienia promieniowania w tych materiałach.

4. W wyniku wybuchu ładunku neutronowego powstaje niewielkie skażenie terenu. Źródłem skażenia promieniotwórczego jest proces aktywacji gruntu strumieniem neutronów. Skażenie promieniotwórcze terenu powstaje tylko w samym rejonie wybuchu; nie tworzy się natomiast ślad obłoku promieniotwórczego. Rozmiary stref skażeń promieniotwórczych w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt są w przybliżeniu takie same jak w rejonie wysokiego powietrznego wybuchu ładunku rozszczepie-

niowego o mocy 6-8 kt. Skażenie promieniotwórcze w pobliżu punktu zerowego może stanowić zagrożenie dla ludzi nieosłoniętych w ciągu kilkunastu godzin po wybuchu. W odległości około 400 m od punktu zerowego można działać bez osłon bezpośrednio po wybuchu, bez narażenia się na przekroczenie dawki dopuszczalnej.

R O Z D Z I A Ł II.

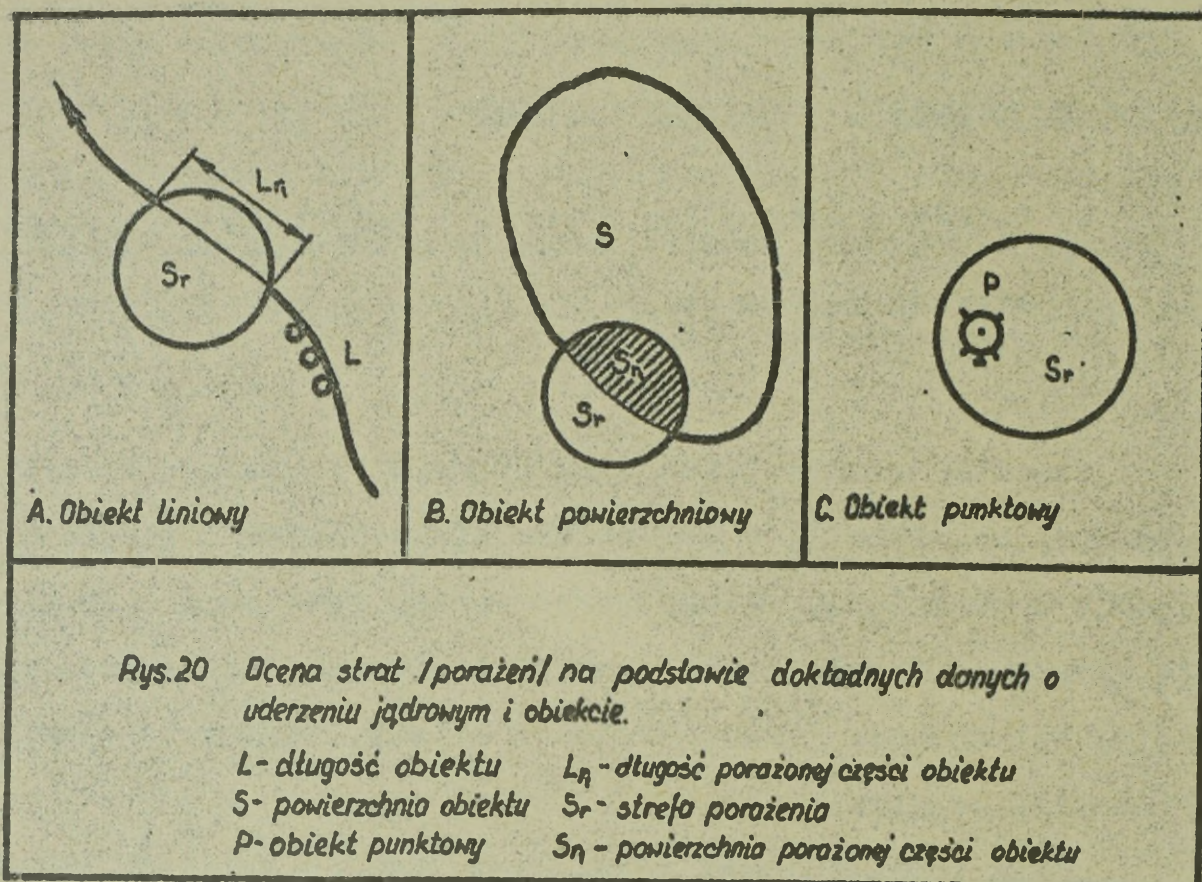
WŁAŚCIWOŚCI RAŻĄCE BRONI NEUTRONOWEJ

1. Zasady ogólne oceny porażień i zniszczeń w rejonach ----- uderzeń jądrowych. -----

Stopień rażenia ludzi oraz zniszczeń i uszkodzeń sprzętu bojowego, uzbrojenia, obiektów fortyfikacyjnych i terenowych w rejonie uderzenia jądrowego uwarunkowany jest mocą i wysokością wybuchu, odległością od punktu zerowego, odpornością obiektu na zniszczenie /uszkodzenie/ oraz warunkami terenowymi i meteorologicznymi.

Ocenę porażień ludzi i zniszczeń różnych obiektów można dokonywać na podstawie dokładnie ustalonych parametrów uderzeń jądrowych /miejsce, czas, moc i rodzaj wybuchu/, warunków meteorologicznych, warunków terenowych i dokładnej informacji o rozmieszczeniu i charakterze ukryć wojsk, lub też na podstawie orientacyjnych danych o uderzeniach jądrowych i położeniu wojsk.

W przypadku, gdy znane są dokładne parametry wybuchu i położenie celu, ocena stopnia rażenia pododdziału /obiektu/ sprowadza się do przeanalizowania wzajemnego usytuowania rażonego obiektu i odpowiednich stref porażień i zniszczeń /rys.20/. W tym celu na mapę z wrysowanym obiektem nanosi się punkt zerowy wybuchu i wykreśla okręgi odpowiadające określonym strefom. Ilość rażonych /zniszczonych/ elementów zależy od rodzaju obiektu. Obiekty dzieli się umownie na trzy rodzaje: powierzchniowe, punktowe i liniowe.



W przypadku oceny strat /zniszczeń/ elementów obiektu powierzchniowego określa się stosunek tej części obiektu, która znalazła się w strefie rażenia do całkowitej powierzchni obiektu:

$$M_{sr} = \frac{S_{r1}}{S} \cdot 100 \% \quad \dots 40$$

gdzie: M_{rs} - straty elementów obiektu powierzchniowego, %;
 S_{r1} - część powierzchni obiektu objęta strefą rażenia, km^2 ;
 S - całkowita powierzchnia obiektu, km^2 .

Straty mogą zawierać wię w granicach od 0 do 100 %.

W przypadku oceny strat /zniszczeń/ elementów obiektu liniowego określa się stosunek tej części /długości/ obiektu, która znalazła się w strefie rażenia do jego długości całkowitej:

$$M_{lr} = \frac{L_{r1}}{L} \cdot 100 \% \quad \dots 41$$

gdzie: M_{lr} - straty elementów obiektu liniowego, %;
 L_{r1} - długość obiektu objęta strefą rażenia, km;
 L - całkowita długość obiektu, km.

Straty mogą zawierać się w granicach od 0 do 100 %.

W przypadku oceny strat /zniszczeń/ elementów obiektu punktowego stwierdza się czy dany obiekt znajduje się w strefie rażenia. W tym celu porównuje się promień strefy z odległością obiektu od punktu zerowego wybuchu:

- jeżeli $r_p > r$ to $M_p = 0 \% \quad \dots 42$

- jeżeli $r_p \leq r$ to $M_p = 100 \%^{x/} \quad \dots 43$

gdzie: r_p - odległość obiektu punktowego od punktu zerowego wybuchu, km;

r - promień strefy rażenia, km;

M_p - straty /zniszczenia/ elementów obiektu punktowego.

Ocena strat /zniszczeń/ na podstawie wzorów 40-43 związana jest z przyjęciem założeń poważnie upraszczających realną sytuację w rejonie uderzenia jądrowego. Przyjmuje się, że wszystkie elementy obiektów są dokładnie jednakowo wrażliwe na określone czynniki rażenia wybuchu jądrowego /są jednorodne/ i że są równomiernie rozmieszczone na całej powierzchni /obiekt powierzchniowy/, wzdłuż całej długości /obiekt liniowy/ lub są skupione w jednym punkcie /obiekt punktowy/.

Ocena strat i zniszczeń na podstawie dokładnych danych o parametrach uderzeń jądrowych i położeniu wojsk ma sens tylko

x/ dotyczy jednostopniowego prawa rażenia. Dla trójstopniowego prawa rażenia strat mogą wynosić: 0, 25, 75 i 100 %.

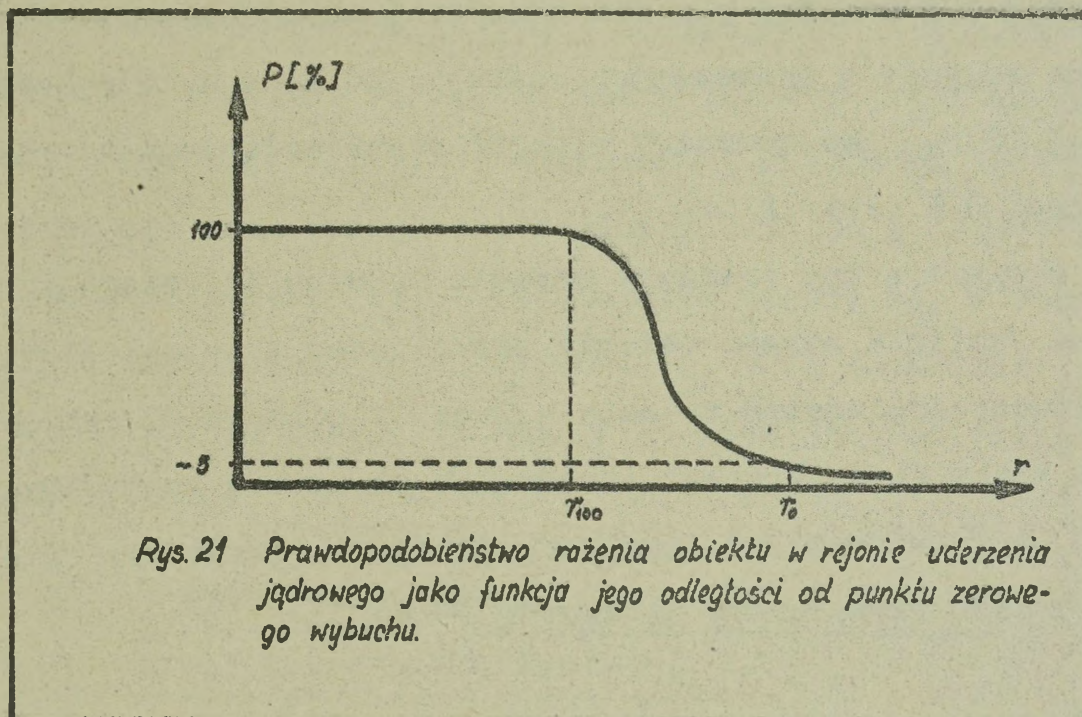
wtedy gdy znane jest położenie wojsk z dokładnością do batalionu /pododdziału równorzędnego/, czyli do szczebla związku taktycznego.

W związkach operacyjnych przyjmuje się kolejne uproszczone, polegające na tym, że zakłada się iż uderzenie jądrowe wykonane na pz /pcz/ zawsze trafia w konkretny obiekt tego pułku, np. bpz /bcz lub kcz/. Umożliwia to korzystanie z wzorów 40-43 oraz sporządzenie uproszczonych tabel do oceny strat i zniszczeń na szczeblach operacyjnych. Tabele zawierają zbiór obiektów /oddziałów, samodzielnych pododdziałów i elementów ugrupowania operacyjnego/ z przyporządkowanymi im stratami stanu osobowego i sprzętu /typowego dla danego obiektu/ w zależności od rodzaju i mocy wybuchu jądrowego oraz w zależności od rodzaju /formy/ działań bojowych, rodzaju ukryć w rejonie rozmieszczenia, ugrupowania marszowego itp.

Z powyższego wynika, że niezależnie od sposobów oceny porażen i zniszczeń pierwotną i niezbędną informacją są dane o rozmiarach /promieniach/ odpowiednich stref.

Określenie stref rażenia nie jest sprawą prostą. Rażenie ludzi i zniszczenie sprzętu zależy od wielu czynników. Prawdopodobieństwo rażenia określonego obiektu nawet o jednorodnych elementach w funkcji odległości nie posiada ostrej granicy /rys. 21/. W pewnej odległości od wybuchu $/r_{100}/$ z całą pewnością można orzec, że dany obiekt będzie rażony. Począwszy od tej granicy istnieje bardzo duży przedział odległościowy $/r_{100} - r_0/$, w którym dla pojedynczego przypadku nie możemy powiedzieć nic konkretnego o rażeniu obiektu. Można tu mówić o prawdopodobieństwie rażenia, które ma sens w przypadku dużej ilości obiektów lub prób /uderzeń jądrowych/. Zewnętrzna

granica tego obszaru jest rozmyta i trudna do ustalenia. Stąd też do praktycznych obliczeń przyjmuje się często odległość od wybuchu, gdzie prawdopodobieństwo rażenia danego obiektu jest mniejsze od 5%. Odległość tą oznacza się r_0 lub niekiedy r_{0-5} , opisowo granicę tę charakteryzuje się jako: "pojedyncze przypadki wystąpienia danego stopnia porażień /zniszczeń/".



Rys. 21 Prawdopodobieństwo rażenia obiektu w rejonie uderzenia jądrowego jako funkcja jego odległości od punktu zerowego wybuchu.

Korzystanie z rachunku prawdopodobieństwa podczas oceny strat pododdziałów w stanie osobowym i sprzęcie jest zbyt skomplikowane, a uzyskiwane dokładności - w praktyce zbędne. W praktycznych obliczeniach stosuje się pewne uproszczenia w stosunku do warunków realnych, wynikające z jednostopniowego i trójstopniowego prawa rażenia w rejonie wybuchu jądrowego.

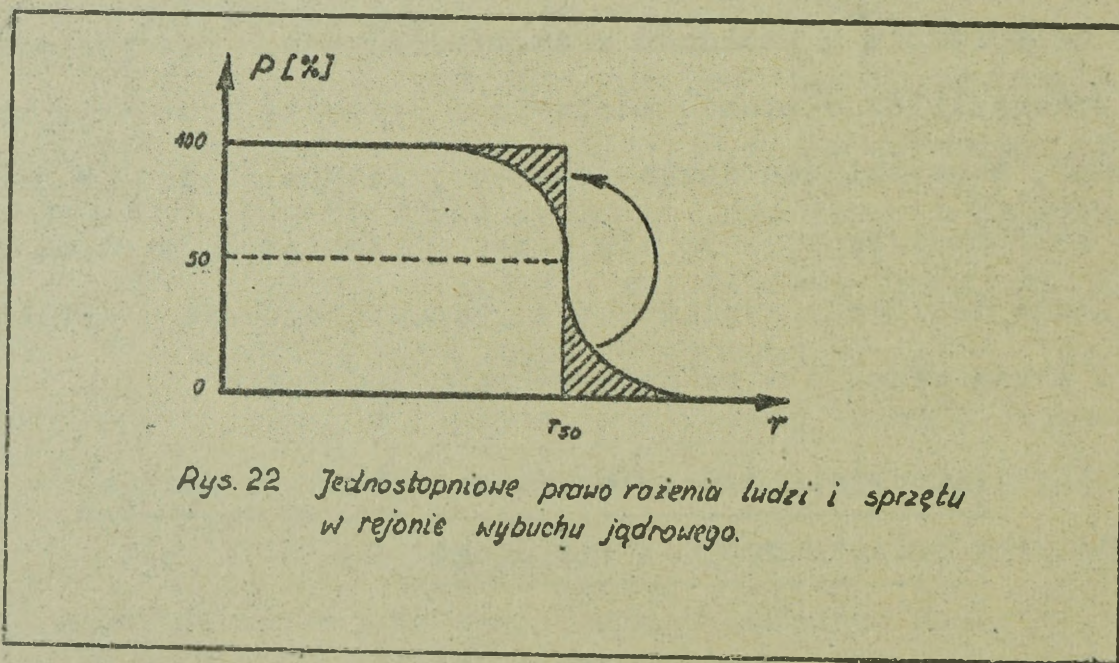
1.1. Jednostopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego

Jednostopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego stosuje się podczas oceny strat /zniszczeń/ metodami ręcznymi /bez użycia maszyn cyfrowych/.

W myśl tego prawa przyjmuje się, że strefa rażenia jednorodnych obiektów posiada jedną, nieciągłą granicę. Za strefę rażenia określonego typu obiektów przyjmuje się obszar przyległy do punktu zerowego wybuchu, ograniczony odległością, na której prawdopodobieństwo rażenia wynosi 50 %.

Prawo to głosi, że w odległości od punktu zerowego wybuchu równej i mniejszej r_{50} /na granicy i wewnątrz strefy/ obiekt ulega rażeniu z prawdopodobieństwem 100 %, a w odległości większej od r_{50} /na zewnątrz strefy/ prawdopodobieństwo rażenia wynosi 0 % /rys.22/.

Zgodnie z tym prawem w rejonie wybuchu jądrowego istnieje jedna, kolista strefa rażenia określonego typu obiektów. Wykres prawdopodobieństwa rażenia w funkcji odległości przyjmuje kształt prostokąta. Procent porażonych elementów konkretnego obiektu, w zależności od jego rodzaju /powierzchniowy, liniowy czy punktowy/ określa się ze wzorów 40-43.



Jednostopniowe prawo rażenia z powodzeniem stosuje się do oceny strat /zniszczeń/ elementów obiektów powierzchniowych i liniowych jeżeli wymiary obiektów są porównywalne z wymiarami stref rażenia, lub są większe. Wówczas rażone elementy ze strefy $r_{50}-r_0$ uzupełniają niedobór strat z przedziału $r_{100}-r_{50}$ /na rys.22 zaznaczono strzałką/. W stosunku do obiektów punktowych, a także powierzchniowych i liniowych o niewielkich rozmiarach w porównaniu z wymiarami stref porażenia, prawo to niekiedy nie stosuje się. Zgodnie z wzorami 42 i 43 stopień rażenia obiektu punktowego może przyjmować wartości 0 i 100 %. Jest to spełnione wewnątrz strefy r_{100} i na zewnątrz strefy r_0 . W strefie r_0-r_{100} , a więc w pobliżu odległości r_{50} będą zachodziły przypadki kiedy obiekt uznany za rażony ocaleje jak też przypadki kiedy obiekt uznany za ocalały zostanie rażony.

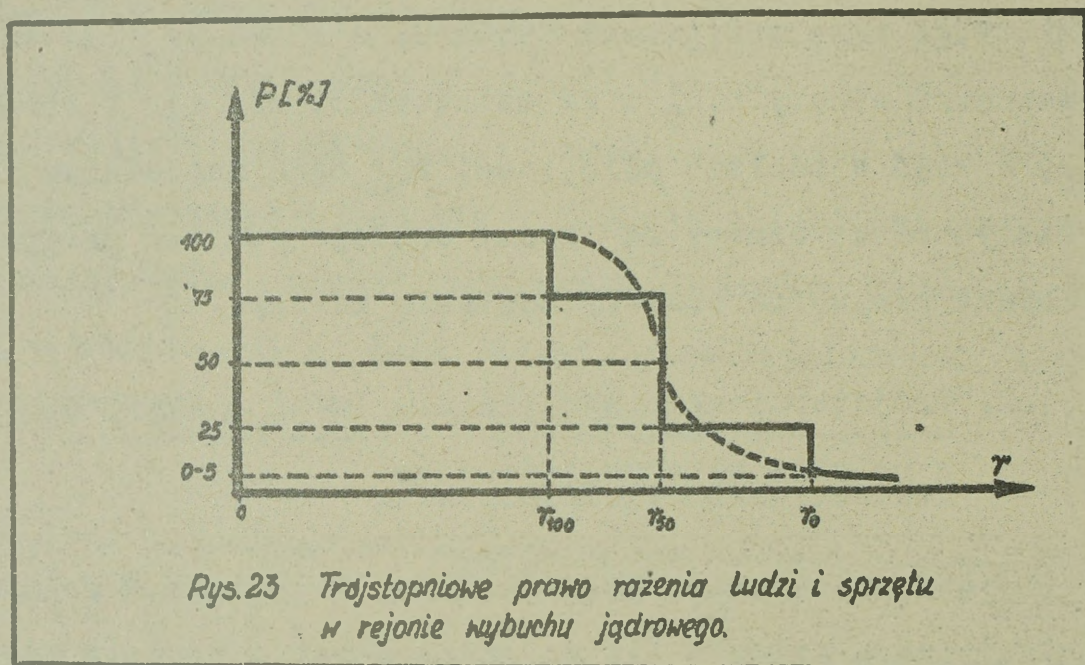
1.2. Trójstopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego

Trójstopniowe prawo rażenia ludzi i sprzętu w rejonie wybuchu jądrowego stosuje się do oceny strat w rejonie uderzenia jądrowego wykonywanej przy pomocy elektronicznych maszyn cyfrowych. W obliczeniach ręcznych nie może być stosowane ze względu na skomplikowany i bardzo pracochłonny sposób obliczeń.

W myśl tego prawa przyjmuje się, że strefa rażenia jednorodnych obiektów posiada trzy nieciągłe granice, rozdzielające ją na trzy obszary, wewnątrz których prawdopodobieństwo rażenia przyjmuje stałe wartości i zmienia się skokowo przy przejściu z jednego obszaru do drugiego.

Prawo to głosi, że stopień porażenia obiektu w odległości od wybuchu równej i mniejszej r_{100} wynosi 100 %, w odległości większej od r_{100} a równej i mniejszej r_{50} wynosi 75 %, w odległości większej od r_{50} a równej i mniejszej r_0 wynosi 25 % oraz w odległości większej od r_0 wynosi 0 %.

Zgodnie z tym prawem w rejonie wybuchu jądrowego istnieją trzy koliste strefy rażenia obiektów. Wykres prawdopodobieństwa rażenia w funkcji odległości od wybuchu przyjmuje kształt "schodkowy" /rys. 23/.



Stopień rażenia obiektów punktowych oraz niewielkich powierzchniowych i liniowych, które całkowicie mieszczą się w obszarze z jednakowym prawdopodobieństwem rażenia przyjmuje wartości: 100, 75 i 25 %, a poza obszarem ograniczonym promieniem r_0 - 0 %.

Stopień rażenia obiektów powierzchniowych i liniowych, których elementy znalazły się jednocześnie w obszarach z różnym prawdopodobieństwem rażenia, wyznacza się ze wzoru:

$$M = M_{100} + 0,75 / M_{50} - M_{100} / + 0,25 / M_0 - M_{50} / \quad \dots 44$$

gdzie: - M - stopień rażenia danego obiektu /np. straty ludzi, czołgów, transporterów opancerzonych, samochodów itd./;

M_{100} - stopień rażenia elementów obiektu w strefie z prawdopodobieństwem rażenia 100 %;

M_{50} - stopień rażenia elementów obiektu w strefie z prawdopodobieństwem rażenia 75 %;

M_0 - stopień rażenia elementów obiektu w strefie z prawdopodobieństwem rażenia 25 %.

Wartości M_{100} , M_{50} i M_0 oblicza się ze wzorów 40 i 41, wykorzystując promienie r_{100} , r_{50} i r_0 .

2. Działanie wybuchu neutronowego na ludzi

Straty żołnierzy od wybuchu jądrowego i innych środków walki dzieli się na bezpowrotne /zabici i zmarli wskutek obrażeń przed udzieleniem pomocy lekarskiej/ i sanitarne /porażeni bardzo ciężko, ciężko, średnio i lekko/.

Straty w rejonie wybuchu jądrowego mogą wystąpić natychmiast po wybuchu, są to tzw. straty natychmiastowe, lub mogą być w określony sposób rozłożone w czasie - tzw. straty późne. Działanie fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego zawsze powoduje straty natychmiastowe, natomiast działanie promieniowania przenikliwego powoduje zarówno straty natychmiastowe jak i późne. Podział strat popromiennych na natychmiastowe i późne uwarunkowany jest wielkościami pochłoniętych dawek. Za natychmiastowe straty popromienne przyjmuje się te wszystkie przypad-

ki zachorowań, w których wystąpienie objawów choroby popromiennej obserwuje się do 15 minut po napromienieniu. Rozłożenie w czasie późnych strat popromiennych rozciąga się od kilku do kilkunastu dni po wybuchu, a niekiedy i znacznie dłużej.

Wielkości strat w rejonie wybuchu jądrowego zależy między innymi od mocy wybuchu i rodzaju ukrycia ludzi.

Straty stanu osobowego poza ukryciami, w samochodach, odkrytych transporterach opancerzonych i odkrytych urządzeniach fortyfikacyjnych /okopy, transzeje, szczeliny itp./ w rejonach naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych o mocach do 10 kt powodowane są głównie promieniowaniem przenikliwym, o mocach 10-30 kt - łącznym działaniem fali uderzeniowej, promieniowania cieplnego i promieniowania przenikliwego, a powyżej 30 kt - działaniem fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego.

Straty żołnierzy w transporterach opancerzonych typu zakrytego, w rejonach wybuchów jądrowych o mocach do 100 kt następują w wyniku działania promieniowania przenikliwego, a w przypadku większej mocy - łącznym działaniem promieniowania przenikliwego i powietrznej fali uderzeniowej.

Straty żołnierzy w czołgach w rejonach wybuchów jądrowych o mocach do 1 Mt powodowane są głównie promieniowaniem przenikliwym, a w przypadkach większych mocy - również działaniem powietrznej fali uderzeniowej.

Straty żołnierzy w schronach różnego typu powstają w wyniku bezpośredniego lub pośredniego działania powietrznej fali uderzeniowej i częściowo fali sejsmicznej.

W celu określenia wielkości i struktury strat żołnierzy poza ukryciami i w późnych ukryciach typu polowego w rejonach uderzeń neutronowych przeanalizujemy zasięgi oddziaływania na

ludzi poszczególnych czynników rażenia ładunku neutronowego. Analizę przeprowadzimy w tradycyjnej kolejności. Fala uderzeniowa, promieniowanie ciepłe i promieniowanie przenikliwe.

2.1. Rażenie ludzi falą uderzeniową

Rażące działanie fali uderzeniowej na organizm ludzki może być bezpośrednie i pośrednie. Rażenie bezpośrednie jest wynikiem gwałtownych zmian ciśnienia czoła fali uderzeniowej i ciśnienia dynamicznego.

Następstwem gwałtownych wahań ciśnienia-sprężenia i rozprężenia ciała - są krwotoki i pęknięcia narządów wewnętrznych. Szczególnie łatwo występują krwotoki do płuc i obrzęk płuc. Ponadto powietrze może dostawać się do żył płucnych, a następnie do serca i tętnic, powodując zatory powietrzne.

Uszkodzenia organizmu dotyczą przede wszystkim narządów wewnętrznych zawierających powietrze oraz połączeń pomiędzy tkankami o różnej gęstości.

Ciśnienie dynamiczne fali uderzeniowej powoduje jednostronne przeciążenia organizmu i deformacje ciała /z kierunku przyjscia fali/ oraz działa miotająco, a więc uszkodzenie ciała może nastąpić także w wyniku uderzenia o ziemię i różne przeszkody.

Działanie pośrednie fali uderzeniowej sprowadza się do zranień i różnego rodzaju uszkodzeń ciała /również narządów wewnętrznych/ w wyniku ugodzenia odłamkami niszczonych podmuchem budowli, sprzętu bojowego i innych obiektów.

Istnieją także i inne skutki działania fali uderzeniowej. Są to oparzenia odłamkami i gazami oraz podrażnienie dróg oddechowych, a nawet uderzenia pyłami.

Stopień rażenia ludzi zależy od czasu narastania nadciśnienia, czasu trwania jego dodatniej fazy i maksymalnej jego wartości, a także wielkości ciśnienia dynamicznego. Jednak dla scharakteryzowania rażącego działania fali uderzeniowej przyjmuje się tylko maksymalną wartość nadciśnienia, gdyż pozostałe parametry fali uderzeniowej dla danej mocy wybuchu są ściśle wzajemnie współzależne.^{x/}

Charakter i stopień porażenia falą uderzeniową ludzi, rozmieszczonych w terenie poza ukryciami, zależy również od położenia ciała w momencie nadejścia fali. Cięższe porażenia następują w przypadku znajdowania się człowieka w pozycji stojącej.

Nadciśnienie fali uderzeniowej, powodujące śmierć i utratę zdolności bojowej ludzi z prawdopodobieństwem 100, 50 i 10 %, w rejonach powietrznych wybuchów jądrowych różnych mocy przedstawiono w tabeli 23.

Tabela 23

Nadciśnienie /kg/cm²/ powodujące śmierć i utratę zdolności bojowej ludzi, w rejonach powietrznych wybuchów jądrowych

Rodzaj rażenia	W pozycji	Z prawdopodobieństwem, %	Moc wybuchu, kt		
			1	10	100
śmierć	stojąc	100	1,4-3,8	1 -3,6	0,8-1,5
		50	1 -3	0,8-1,6	0,6-0,95
		10	0,7-1	0,5-0,8	0,35-0,4
	leżąc	100	2,3-5,6	1,2-3,5	0,9-2,5
		50	1,2-3,5	0,9-2,2	0,7-1,2
		10	0,75-1,5	0,6-0,95	0,45-0,6
utrata zdolności bojowej	stojąc	100	0,5-0,8	0,35-0,45	0,24-0,3
		50	0,45-0,6	0,3-0,32	0,21-0,23
		10	0,35-0,4	0,24-0,25	0,17

Rodzaj rażenia	W pozycji	Z prawdopodobieństwem, %	Moc wybuchu, kt		
			1	10	100
Utrata zdolności bojowej	leżąc	100	0,8-1,7	0,65-1,1	0,55-0,8
		50	0,7-1,4	0,6-0,95	0,5-0,7
		10	0,63-1	0,5-0,7	0,4-0,45

Mniejsze wartości nadciśnienia-w tabeli 23-dotyczą występowania tzw. anomalii fali uderzeniowej, która polega na łagodnym /powolniejszym/ narastaniu nadciśnienia, w silnie podgrzanym powietrzu w pobliżu ziemi w niewielkich odległościach od wybuchu; wartości większe - bez anomalii.

Na podstawie tabeli 23, oraz wcześniej dokonanej analizy zjawisk fizycznych wybuchu neutronowego, możemy sporządzić tabelę nadciśnień powodujących rażenie ludzi w rejonie tego wybuchu /tabela 24/.

Tabela 24

Nadciśnienie fali uderzenia /kg/cm²/ w rejonie wybuchu neutronowego powodujące rażenie ludzi

Rodzaj rażenia	Prawdopodobieństwo, %	W pozycji	
		stojąc	leżąc
śmierć	100	3,8	5,6
	50	3	3,5
	10	1	1,5
utrata zdolności bojowej	100	0,8	1,7
	50	0,6	1,4
	10	0,4	1

Porównując dane zamieszczone w tabeli 24 z wielkością nadciśnienia w różnych odległościach od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1 kt /rys. 4/ możemy wyznaczyć

zasięg rażącego działania na ludzi fali uderzeniowej tego wybuchu /tabela 25/.

Tabela 25

Orientacyjne promienie stref rażenia ludzi falą uderzeniową wybuchu neutronowego o mocy 1kt /z prawdopodobieństwem 50 %/

Wysokość wybuchu /m/	Rodzaj rażenia	Promień strefy rażenia ludzi /m/ w pozycji:	
		stojąc	leżąc
150	śmierć	50	25
	utrata zdolności bojowej	350	180
300	śmierć	-	-
	utrata zdolności bojowej	190	-
450 i większa	śmierć	-	-
	utrata zdolności bojowej	-	-

2.2. Rażenie ludzi promieniowaniem cieplnym.

Rażące działanie na ludzi promieniowania cieplnego wybuchu jądrowego polega na wywoływaniu różnych stopni oparzeń ciała. Oparzenia te mogą być bezpośrednie - w wyniku pochłonięcia energii cieplnej rozchodzącej się prostoliniowo od świecącej kuli ognistej i pośrednie - od płomieni palących się przedmiotów.

Bez względu na sposób powstawania oparzeń klasyfikuje się je według czterech stopni.

Oparzenia I stopnia charakteryzują się zaczerwienieniem /rumienieniem/ skóry. Objawy oparzenia ustępują bez specjalnego leczenia.

Oparzenia II stopnia charakteryzują się powstawaniem pęcherzy. Oparzenia te są głębsze i cięższe; zwykle wymagają zabiegów leczniczych.

Oparzenia III stopnia charakteryzują się zniszczeniem /obumarciem/ skóry na całej grubości. W przypadku nie dokonania przeszczepów skóry w miejscach oparzeń pozostają trwałe blizny.

Oparzenie IV stopnia charakteryzują się zwęglaniem i obumarciem skóry oraz głębszych tkanek.

Zależność stopnia oparzenia od impulsu promieniowania cieplnego przedstawiono w tabeli 26. W tabeli nie ujęto impulsu wywołującego oparzenia czwartego stopnia, gdyż w zasadzie oparzenia III stopnia, a na większej powierzchni ciała i II, powodują utratę zdolności bojowej ludzi.

Tabela 26

Impuls cieplny, cal/cm² wywołujący oparzenia skóry

Osłonięcie ciała	Stopień oparzenia		
	I	II	III
Ciało nieosłonięte	2,4	3,5	4,9
Umundurowanie drelichowe	6,3	7	8,8
Umundurowanie gabardynowe	11	12	17
Umundurowanie zimowe	37	42	48

Porażenie ludzi promieniowaniem cieplnym zależy od wielu czynników, m.in. od wielkości i czasu oddziaływania impulsu cieplnego, całkowitej powierzchni ciała poddanej promieniowaniu, usytuowania w stosunku do kierunku padania promieniowania/

wielkość osłoniętej części ciała umundurowaniem i rodzaju umundurowania, indywidualnej reakcji człowieka na wybuch /szybkość ukrycia się w pierwszych chwilach świecenia kuli ognistej/ i innych.

Po uwzględnieniu tych czynników, drogą obliczeń teoretycznych i eksperymentów, ustalono zależność stopnia porażenia ludzi od impulsu promieniowania cieplnego w rejonie wybuchu jądrowego /tabela 27/.

Tabela 27

Impuls promieniowania cieplnego /cal/cm²/ wybuchu jądrowego o mocy ≤ 100 kt, który powoduje porażenie ludzi /z uwzględnieniem rodzaju umundurowania, powierzchni oparzeń i reakcji człowieka na wybuch/.

Rodzaj umundurowania	Stopień rażenia /z prawdopodobieństwem 50 %/	Impuls cal/cm ²
Letnie	lekki	7,5
	średni	9
	ciężki	12
	bardzo ciężki	18
Zimowe	lekki	42
	średni	50
	ciężki	58
	bardzo ciężki	85

Z porównania danych, zawartych w tabeli 27 i wykresów zależności impulsu skutecznego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu neutronowego /rys.6/ otrzymujemy zasięg rażącego działania promieniowania cieplnego na ludzi /tabela 28/.

Tabela 28

Orientacyjne rozmiary strefy rażenia ludzi promieniowaniem cieplnym /m/ w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt.

Rodzaj umundurowania	Stopień rażenia	Wysokość wybuchu, m		
		150	300	450
Letnie	lekko	520	300	450
	średnio	470	370	170
	ciężko	410	310	-
	bardzo ciężko	320	180	-
Zimowe	lekko	150	-	-
	średnio	100	-	-
	ciężko	50	-	-
	bardzo ciężko	-	-	-

2.3. Rażenie ludzi promieniowaniem przenikliwym

Procesy współdziałania promieniowania przenikliwego z materią, opisane w pkt. 3.3.4 i 3.3.5, w pełni odnoszą się również do organizmów żywych i decydują o rażącym działaniu tego promieniowania. Należy zaznaczyć, że wszystkie mechanizmy oddziaływania promieniowania przenikliwego na organizmy żywe nie są do końca wyjaśnione. Ten stan rzeczy nie wynika jednak z nieznaności samych mechanizmów destruktywnego działania promieniowania na molekuly organiczne, komórki i tkanki, a raczej z wielkiej złożoności struktur materii ożywionej i różnorodności funkcji życiowych poszczególnych komórek i tkanek w organizmie. Praktycznie każda molekula, komórka i tkanka doznaje zmian i częściowo lub całkowicie traci funkcje w organizmie.

nie w wyniku jonizacji, aktywacji i innych procesów naruszających strukturę materii ożywionej. Energia niesiona przez kwanty gamma i neutrony przekracza od kilku do kilkunastu milionów razy energię niezbędną do utworzenia /rozerwania/ wiązania chemicznego. Dlatego też praktycznie każda struktura organiczna ulega zniszczeniu w wyniku działania na nią nawet niskoenergetycznego promieniowania przenikliwego. Promieniowanie przenikliwe działa niszcząco na wszystkie, bez wyjątku, części organizmu jednak rażące działanie, to jest upośledzenie ich funkcji życiowych, ujawnia się najwcześniej w tych częściach, które spełniają ważną rolę w organizmie i, ze względu na swoją budowę i zachodzące w nich procesy biochemiczne, są bardziej czułe na promieniowanie przenikliwe. Do tkanek najbardziej czułych na promieniowanie przenikliwe zalicza się tkankę limfatyczną, szpik kostny, śledzionę, narządy rozrodcze i przewód pokarmowy. Umiarkowaną czułość wykazują skóra, płuca i wątroba. Najmniej wrażliwe są mięśnie nerwy i kości ludzi dorosłych.

Stopień porażenia organizmu jest ściśle związany z ilością energii pochłoniętej przez organizm. Charakteryzuje go wielkość dawki promieniowania. Porażenie objawia się w postaci choroby popromiennej. Na możliwość wystąpienia tej choroby, stopień jej rozwoju i jej obraz kliniczny wpływa ponadto czas w jakim została pochłonięta określona dawka /szybkość jej nagromadzenia/ i właściwości indywidualne organizmu. W zależności od czasu, w jakim organizm jest poddany napromienieniu, wyróżnia się dawkę ostrą i przewlekłą. W rejonach wybuchów jądrowych /neutronowych/ zawsze mamy do czynienia z dawką ostrą. Dawki przewlekłe będą występować w czasie długotrwałych działań wojsk w strefach skażeń promieniotwórczych. Zazwyczaj więcej uszkodzeń w

organizmie spowodowane jest w przypadku pochłonięcia dawki ostrej, tj. w krótkim czasie. Przykładowo, takie same skutki biologiczne wywołuje dawka jednorazowa 50 rentgenów jak dawka 300 rentgenów pochłonięta w ciągu roku. Fakty te tłumaczy się zdolnością poszczególnych organów do regeneracji. Regeneracja nie dotyczy jednak wszystkich części organizmu. Niektóre z nich, np.: narządy rozrodcze, są zdolne do kumulowania dawki i czas ekspozycji promieniowania nie ma w tym wypadku istotnego znaczenia. Ogólnie przyjmuje się, że po pochłonięciu tej samej dawki promieniowania, cięższy przebieg choroby popromiennej wystąpi w przypadku krótszego czasu ekspozycji oraz u ludzi zmęczonych, osłabionych, głodnych, rannych, poparzonych i bardziej skłonnych do innych chorób.

Przyjęto umownie wyróżniać cztery stopnie choroby popromiennej:

I stopień /lekki/, występuje po pochłonięciu dawki 100 - 250 remów. Charakteryzuje się zmianami we krwi. Zewnętrznie przejawia się w postaci osłabienia ogólnego, zawrotów głowy i nudności. Z reguły wszystkie przypadki zachorowań kończą się wyleczeniem.

II stopień /średni/ występuje po pochłonięciu dawki 250-400 remów. Charakteryzuje się obniżeniem poziomu leukocytów, trombocytów, erytrocytów i chemoglobiny we krwi. Przy czym poziom leukocytów po napromienieniu ulega wahaniom, np. w pierwszych kilku dniach choroby liczba krwinek białych może nawet czasowo wzrosnąć ponad stan normalny. Zewnętrznie choroba przejawia się bólem głowy, podwyższeniem temperatury ciała, ogólnym osłabieniem, obniżeniem apetytu, pragnieniem, rozstrojeniem przewodu pokarmowego - nudności, wymioty, biegunka /często z domie-

szką krwi/ - wewnętrznymi wylewami krwi i wylewami podskórnymi /tzw. wybroczyny/. Krwawienia i wybroczyny rozpoczynają się zwykle po okresie utajenia /okres względnej poprawy samopoczucia i czasowego ustąpienia zewnętrznych objawów choroby/, po 2-3 tygodniach po napromienieniu. W wypadku pochłonięcia dawki powyżej 300 remów charakterystyczne jest wypadanie włosów, które rozpoczyna się również po okresie utajenia. Przeważająca część przypadków zachorowań na chorobę popromienną drugiego stopnia kończy się wyleczeniem.

III stopień /ciężki/ występuje po pochłonięciu dawki 400-600 remów. Zmiany chorobowe w organizmie i zewnętrzny obraz choroby są analogiczne jak w przypadku drugiego stopnia. Choroba ma jednak ostrzejszy przebieg, który połączony jest zwykle z powikłaniami. Powikłania spowodowane są zahamowaniem mechanizmów immunologicznych ustroju, co umożliwia rozwój w organizmie bakterii i doprowadza do ogólnoustrojowych zakażeń. Charakterystyczne dla tych zakażeń jest powstawanie owrzodzeń warg i przewodu pokarmowego. Po dwóch-sześciu dniach po napromienieniu występuje gorączka, która utrzymuje się zwykle do śmierci. W wypadku dawek bliższych górnej granicy podanego przedziału obok gorączki występuje ciężkie wyniszczenie organizmu i obłąd /delirium/. Choroba kończy się w większości przypadków zejściem śmiertelnym. Śmierć następuje po 2-8 tygodniach po napromienieniu. W badaniach pośmiertnych stwierdza się zmiany zwyrodniające jąder i jajników. W pewnej części przypadków możliwe jest wyzdrowienie, jednak tylko w warunkach efektywnego leczenia szpitalnego.

IV stopień /skrajnie ciężki/ występuje po pochłonięciu dawki powyżej 600 remów. Choroba przebiega podobnie jak w przy-

padkach II i III stopnia. Po pochłonięciu większych dawek /powyżej 1000 remów/ powstają dodatkowo uszkodzenia centralnego układu nerwowego, powodujące takie objawy jak: nadpobudliwość, ataksja /brak koordynacji układu mięśniowego/, zaburzenia oddychania i stan osłupienia. Poza nielicznymi wyjątkami choroba kończy się zejściem śmiertelnym. Zgon następuje zwykle po kilku dniach; do dwóch tygodni po napromienieniu. Wyleczenia mogą nastąpić tylko w pojedynczych przypadkach bardzo odpornych organizmów i po pochłonięciu dawek bliższych dolnej granicy przedziału. W przypadku napromienienia dawką powyżej 10 000 remów występuje pewna odmiana czwartego stopnia choroby popromiennej, tzw. "choroba popromienna błyskawiczna". Wszystkie przypadki kończą się tu śmiercią w ciągu od kilkunastu minut do kilku dni po napromienieniu.

W klinicznym przebiegu choroby popromiennej wyróżnia się cztery okresy /fazy/: reakcji pierwotnej, utajenia, rozwoju choroby i rozwiązania. Okresy te najwyraźniej zaznaczają się w przypadku choroby popromiennej II stopnia. Przy lżejszym i cięższych stopniach choroby fazy te zaznaczają się słabiej lub mogą nawet nie wystąpić.

Okres reakcji pierwotnej, zwany również okresem wystąpienia objawów wczesnych, rozpoczyna się, w zależności od stopnia choroby popromiennej, po 3 godzinach /I stopnia/, 2 godzinach /II stopnia/, po 0,5-1 godzinie /III stopnia/ i po kilkunastu minutach /IV stopnia/ po napromienieniu i trwa w przeciągu kilku dni. W okresie tym może nie być dolegliwości bólowych lecz chory czuje się źle, jest zmęczony, osłabiony i przygnębiony.

Po kilku dniach następuje okres utajenia. Zaznacza się wyraźna poprawa samopoczucia. Chory czuje się dobrze i może

wykonywać normalne czynności choć w organizmie zachodzą nadal głębokie zmiany chorobowe - w szczególności w tkance krwiotwórczej. Zmiany te można w tym okresie łatwo wykryć poprzez badanie krwi. Okres utajenia może trwać kilka tygodni i jest tym krótszym większa jest wchłonięta dawka. W wypadku choroby popromiennej III stopnia - wynosi od 5 dni do 2 tygodni, IV stopnia - po napromienieniu dawką bliższą dolnej granicy - kilka dni, a po pochłonięciu większych dawek /powyżej 5 000 remów/ - od 1 do 48 godzin, lub może nie wystąpić.

Po okresie utajenia następuje zwykle nawrót objawów, zazwyczaj w spotęgowanej postaci i połączony z komplikacjami, spowodowanymi zakażeniem ustroju. Jest to okres rozwoju choroby, zwany również okresem krytycznym. W okresie tym występują wszystkie, wyżej opisane, objawy. Okres krytyczny może być zakończony zgodnym lub przejściem do czwartego okresu choroby.

Czwartym okresem choroby jest okres rozwiązania. Charakteryzuje się on stopniowym ustępowaniem objawów. Trwa zwykle bardzo długo - od kilku tygodni /II stopień/ do roku /III stopień/. Może on być zakończony wyzdrowieniem lub przejściem w stan chroniczny. W ostatnim przypadku następuje trwałe upośledzenie funkcji życiowych organizmu.

Poza opisanymi wyżej skutkami działania promieniowania przenikliwego na organizm człowieka, które występują bezpośrednio po napromienieniu lub po upływie niedługiego czasu, zaobserwowano również tzw. skutki późne promieniowania. Stwierdzono, że po przebyciu choroby popromiennej oraz po pochłonięciu dawek nieco poniżej dolnego progu wywołującego chorobę popromienną pierwszego stopnia, może w organizmie nastąpić szereg następstw, które ujawniają się dopiero po kilku latach. Do nich zalicza się:

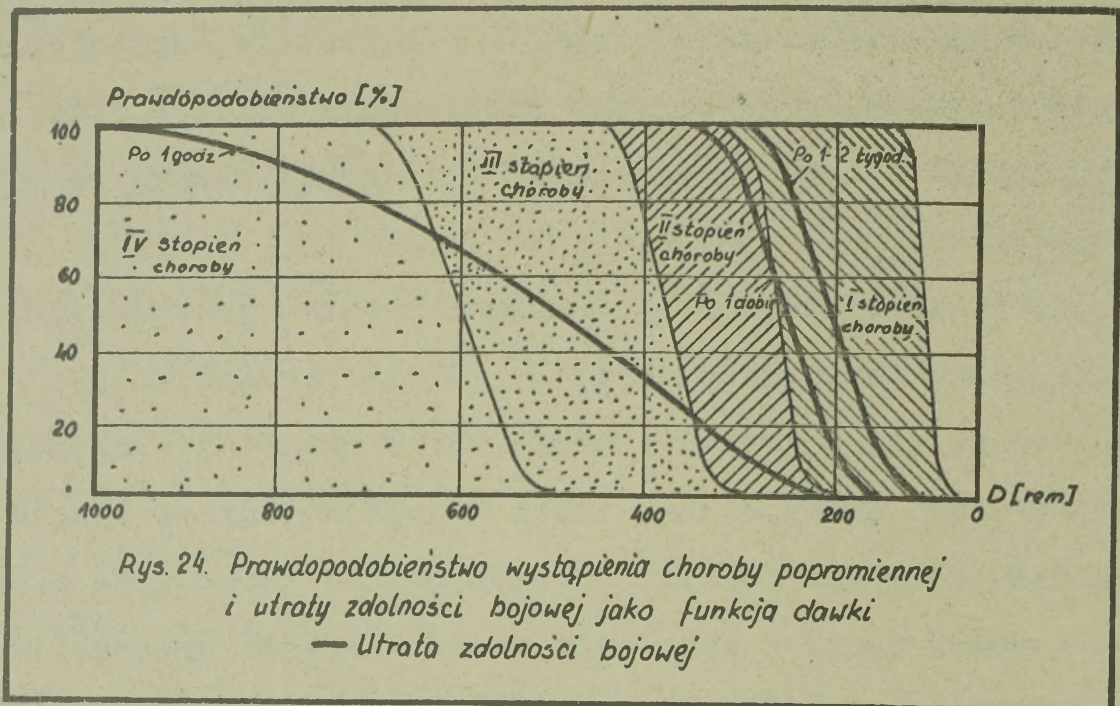
skutki genetyczne, wytwarzanie zaćmy, występowanie białaczki, skrócenie długości życia, zahamowanie rozwoju dzieci /w wypadku napromienienia matek w ciąży/ i zwiększenie częstości występowania nowotworów. Mechanizmy powstawania skutków późnych nie są dotychczas do końca wyjaśnione i istnieje szereg teorii na ten temat.

Na zakończenie opisu skutków biologicznych promieniowania przenikliwego warto zaznaczyć, że promieniowanie to nie jest rejestrowane przez zmysły człowieka. W chwili napromienienia człowiek nie odczuwa bólu i tylko w wypadku bardzo dużych mocy dawek może odczuwać lekkie podrażnienie - "mrowienie skóry".

Z opisu skutków działania promieniowania przenikliwego na organizm człowieka wynika wyraźny związek pomiędzy dawką i stopniem choroby popromiennej. Stwierdzamy jednocześnie, że związek ten uwarunkowany jest wieloma czynnikami - między innymi cechami osobniczymi organizmu - i w każdym pojedynczym przypadku znając dawkę promieniowania nie jesteśmy w stanie określić dokładnie jakiego stopnia będzie choroba popromienna i jaki będzie jej przebieg. Można tu mówić tylko o prawdopodobieństwie wystąpienia choroby popromiennej danego stopnia.

Prawdopodobieństwo zachorowań na chorobę popromienną określonego stopnia, a także prawdopodobieństwo utraty zdolności bojowej żołnierzy napromienionych, jako funkcje pochłoniętej dawki ilustrują wykresy na rysunku 24.

Linie przzerwane charakteryzują prawdopodobieństwo wystąpienia określonego stopnia choroby popromiennej w zależności od pochłoniętej dawki promieniowania przenikliwego. Zauważamy, że krzywa ograniczająca obszar występowania choroby popromiennej pierwszego stopnia jest stromo nachylona do osi odciętych i jej pun-



kt przegięcia przypada na dawkę 100 remów. Oznacza to wyraźne zarysowanie progów - stu remów - wystąpienia objawów choroby popromiennej. Dolne zagięcie krzywej osiąga wartość 50 remów, czyli poniżej tej granicy choroba popromienna nie wystąpi, nawet w wypadku dużej populacji napromienionych. Dawkę tę przyjmuje się jako dopuszczalną przy jednorazowym napromienieniu. Górne zagięcie krzywej osiąga wartość 150 remów, czyli w wypadku pochłonięcia takich i większych dawek zawsze wystąpi choroba popromienna, niezależnie od liczby napromienionych i indywidualnych cech odpornościowych poszczególnych ludzi. Minimalne, średnie i maksymalne wartości dawek dla krzywych ograniczających obszary wystąpienia choroby popromiennej wyższych stopni są następujące: drugiego stopnia - 200, 250, ponad 300; trzeciego stopnia - 300, nieco poniżej 400, 450; czwartego stopnia - 500, 600, 700.

Linie ciągłe oznaczają prawdopodobieństwo utraty zdolności bojowej napromienionych żołnierzy po upływie 1 godziny, 1 doby i 1-2 tygodni od chwili napromienienia, w zależności od pochłoniętej dawki. Prawdopodobieństwo utraty zdolności bojowej /wystąpienia objawów choroby popromiennej/ 0; 50 i 100 % odpowiada pochłonięciu dawek: po 1-2 tygodniach - 100, 200 i 300 remów; po 1 dobie - 150, 250 i 350 remów; po 1 godzinie - 200, 500 i 1000 remów. Gdyby rozszerzyć zakres dawek napromienienia do kilkunastu tysięcy, to również można znaleźć dawki, przy których następuje natychmiastowa utrata zdolności bojowej t.j. do 15 minut po napromienieniu. Dawki te, dla prawdopodobieństwa 0,50 i 100 %, wynoszą odpowiednio 500, 5 000 i 10 000 remów.

Jako kryteria do oceny zdolności bojowej pododdziałów /grup żołnierzy/ przyjmuje się - zgodnie z jednostopniowym prawem rażenia - dawki wywołujące określony efekt z 50 % prawdopodobieństwem /tabela 29/.

Tabela 29

Dawki promieniowania wywołujące utratę zdolności bojowej pododdziałów

Rodzaj strat i czas ich wystąpienia po napromienieniu		Dawka /rem/
straty natychmiastowe	do 15 min.	5 000
straty późne	1 godzina	500
	1-2 doby	250
	1-2 tygodnie	200

Prawdopodobieństwo utraty zdolności bojowej przy dużej liczbie napromienionych /kilkadziesiąt/ osób można traktować jako procent utraty zdolności bojowej danej grupy /pododdziału/. Taką interpretację wykresów przedstawionych na rys. 23, t.j. procent utraty zdolności bojowej pododdziału w funkcji średniej pochłoniętej dawki przedstawiono w tabeli 30.

Tabela 30^{x/}

Procent utraty zdolności bojowej pododdziału w zależności od pochłoniętej dawki i czasu po napromienieniu

Dawka /rem/		100	150	200	250	300	500	1 000
Utrata zdolności bojowej, %		0	15	50	85	100	100	100
W tym po	1 godzinie	0	0	0	5	10	50	100
	1 dobie	0	0	15	45	75	50	0
	po 1-2 tygodniach	0	15	35	35	15	0	0

Orientacyjne czasy hospitalizacji ludzi, którzy zostali napromienieni dawką ostrą promieniowania przenikliwego przedstawione zostały w tabeli 31.

Tabela 31

Orientacyjny czas hospitalizacji ludzi jako funkcja dawki

Dawka, R	Wymaga pomocy lekarskiej, %	Czas leczenia	Miejsce leczenia
1	2	3	4
125	5	kilka dni	w oddziale
150	15	2-3 tygodnie	w szpitalu dla lekko rannych
200	50	3-5 tygodni	

x/ Wzięto z Bojowyje swojstwa jadernogo oruzija. WIMO SSSP Moskwa 1967 r., s.293.

1	2	3	4
250	85	do 2 miesięcy	w szpitalu stacjonarnym na terytorium kraju
300	100	2-2,5 miesięcy	
400	100	2,5-3 miesięcy	
600	100	ponad 3 miesiące	

Na podstawie kryteriów, zawartych w tabeli 29 oraz wykresu zależności dawki sumarycznej promieniowania przenikliwego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu neutronowego /rys.12/ wyznaczone zostały promienie stref porażenia ludzi /tabela 32/.

Tabela 32

Promienie stref rażenia ludzi ładunkiem neutronowym o mocy 1 kt jako funkcja wysokości wybuchu

Wysokość wybuchu, m	Promień strefy /m/ powstania strat:			
	Natychmiastowych		Późnych:	
	do 15 min.	po 1 godz.	po 1 dobie	po 1-2 tygodniach
150	940	1380	1520	1560
300	880	1340	1500	1540
450	820	1300	1440	1480
600	720	1230	1400	1430

W przypadku rozmieszczenia stanu osobowego w różnego rodzaju ukryciach ruchomych i stałych, np.: w czołgach, transporterach opancerzonych, transzejach itd. rażące działanie promieniowania przenikliwego zmniejsza się. Zmniejszenie strat porażenia uwarunkowane jest osłabieniem dawki promieniowania we-

wewnątrz ukryć. Współczynniki osłabienia dawki promieniowania przenikliwego $k_{osł}$ i współczynniki skrócenia promieni stref porażen stanu osobowego wewnątrz ukryć n przedstawiono w tabeli 33.

Tabela 33

Współczynniki osłabienia dawek promieniowania przenikliwego $k_{osł}$ i skrócenia promieni stref porażen ludzi n rozmieszczonych w różnego rodzaju ukryciach typu polowego

Rodzaj ukrycia	Współczynniki	
	$k_{osł}^{x/}$	$n^{xx/}$
Transportery opancerzone typu odkrytego i samochody	1	1
Transportery opancerzone typu zakrytego i bojowe wozy piechoty	1,1	1,01-1,02
Transzeje i rowy łączące o profilu podstawowym	1,6	1,05-1,07
Czołgi bez osłon przeciwnutronowych	2	1,09-1,11
Transzeje i rowy łączące o profilu pełnym oraz okopy do pozycji stojąc na 2-3 ludzi	2,6	1,13-1,15
Pojedyncze okopy do pozycji stojąc	4	1,22-1,30
Czołgi z osłonami przeciwnutronowymi	6	1,31-1,44
Schrony przedpiersiowe	200	2,6 -3,8

x/ Uzasadnienie współczynników osłabienia $k_{osł}$ w rozdz.III
 xx/ Wartość mniejsza dotyczy wysokości wybuchu 150 m,
 większa - 450 m.

Promienie stref rażenia ludzi chronionych różnymi ukryciami oblicza się ze wzoru 45.

$$r_u = \frac{r_o}{n} \quad \dots 45$$

gdzie: r_u - promień strefy rażenia ludzi w ukryciu;
 r_o - promień strefy rażenia ludzi poza ukryciami;
 n - współczynnik skrócenia strefy rażenia /z tabeli 33/.

2.4. Jednoczesne działanie na ludzi wszystkich czynników rażenia wybuchu neutronowego

W rejonach wybuchów jądrowych średnich mocy najczęściej występują tzw. porażenia kombinowane ludzi, które wynikają z jednoczesnego działania wszystkich czynników rażenia. Jest to połączenie kontuzji mechanicznych /ran tłuczonych i ciętych, złamań oraz uszkodzeń narządów wewnętrznych/ z oparzeniami i porażeniami promieniowaniem przenikliwym, a w rejonach wybuchów naziemnych również ze skażeniem promieniotwórczym powierzchni ciała. Porażenia kombinowane trudne są w leczeniu, gdyż zranienia i oparzenia zaostrzają przebieg choroby popromiennej, a z kolei napromieniowanie organizmu /nawet dawką nie powodującą objawów choroby popromiennej/ osłabia mechanizmy immunologiczne organizmu i utrudnia gojenie się ran.

Prawdopodobieństwo porażen kombinowanych w rejonie wybuchu jądrowego określa się ze wzoru 46:

$$p = 1 - /1 - p_{fu}/ \cdot /1 - p_{pc}/ \cdot /1 - p_{pp}/ \quad \dots 46$$

gdzie: p - prawdopodobieństwo porażen kombinowanych;
 p_{fu} - prawdopodobieństwo porażen falą uderzeniową;
 p_{pc} - prawdopodobieństwo porażen promieniowaniem cieplnym;

p_{pp} - prawdopodobieństwo porażenia promieniowaniem przenikliwym.

Jeżeli w przedziale odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego, na których następuje rażenie ludzi promieniowaniem przenikliwym /800-1500 i większych/, określimy prawdopodobieństwa rażenia falą uderzeniową /z rys.4 i tab.24/ i promieniowaniem cieplnym /z rys.7 i tab.27/, to okaże się, że prawdopodobieństwa te są bliskie zera. Po podstawieniu do wzoru 46 $p_{fu} = 0$ i $p_{pc} = 0$ otrzymujemy $p = p_{pp}$, czyli prawdopodobieństwo porażenia kombinowanych w rejonie wybuchu neutronowego jest równe prawdopodobieństwu rażenia ludzi promieniowaniem przenikliwym. Oznacza to, że w rejonie wybuchu ładunku neutronowego zasadniczym czynnikiem rażenia ludzi jest promieniowanie przenikliwe, a strefy porażenia promieniowaniem przenikliwym /tabela 32/ są zarazem maksymalnymi strefami porażenia ludzi w rejonie uderzenia neutronowego.

3. Działanie wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie

W procesie oceny właściwości użytkowych uzbrojenia i sprzętu bojowego w celach remontowych przyjmuje się następującą klasyfikację stopnia i charakteru jego uszkodzeń /zniszczeń/:

- zniszczenie - remont jest niemożliwy lub nieopłacalny;
- uszkodzenie silne - sprzęt wymaga remontu kapitalnego, którego przeprowadzenie jest możliwe tylko w zakładzie produkcyjnym;
- uszkodzenie średnie - sprzęt wymaga remontu średniego w warsztatach frontowych lub armijnych;

- uszkodzenie lekkie - sprzęt wymaga remontu bieżącego, który może być przeprowadzony przez załogę /obsługę/ lub w warsztatach polowych do szczebla związku taktycznego.

W kalkulacjach operacyjno-taktycznych w stosunku do wiążomości sprzętu bojowego i uzbrojenia za strefę utraty właściwości użytkowych uważa się obszar w rejonie wybuchu jądrowego ograniczony promieniem uszkodzeń średnich. Tylko w stosunku do niektórych rodzajów bardzo precyzyjnego sprzętu /np. rakiet/ - uszkodzeń lekkich.

Różne uszkodzenia i zniszczenie uzbrojenia i sprzętu bojowego w rejonach naziemnych i powietrznych uderzeń jądrowych /rozszczeniowych i termojądrowych/ następują przede wszystkim w wyniku działania powietrznej fali uderzeniowej. W rejonach wybuchów o dużej mocy i w warunkach dobrej przejrzystości /czystego/ powietrza może nastąpić zniszczenie /uszkodzenie/ łatwopalnych przedmiotów w wyniku działania promieniowania cieplnego. Natomiast w rejonach wybuchów jądrowych o małych i bardzo małych mocach część sprzętu bojowego i uzbrojenia może utracić właściwości bojowe w wyniku uszkodzeń urządzeń elektronicznych promieniowaniem przenikliwym.

W rejonie wybuchu ładunku neutronowego obszar uszkodzeń i zniszczeń termicznych będzie znacznie mniejszy od obszaru działania na sprzęt i uzbrojenie powietrznej fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego. Promieniowanie przenikliwe poza działaniem na urządzenia elektroniczne może również wywoływać aktywność wzbudzoną w metalowych elementach konstrukcyjnych sprzętu.

W związku z powyższym za strefę utraty właściwości użytkowej sprzętu bojowego i uzbrojenia można przyjmować obszar

uwarunkowany działaniem fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego.

3.1. Działanie fali uderzeniowej wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie

Uszkodzenia i zniszczenia sprzętu bojowego i uzbrojenia działaniem fali uderzeniowej wybuchu ładunku neutronowego powstają analogicznie jak przy wybuchu ładunku jądrowego rozszczepieniowego małej mocy - w wyniku powstania krótkotrwałego impulsu nadciśnienia i działania miotającego podmuchu. Zasadniczym parametrem fali uderzeniowej określającym jej niszczące działanie jest impuls nadciśnienia.

W rejonie wybuchu ładunku neutronowego należy ponadto uwzględnić właściwości rażącego działania wybuchów małych mocy. Właściwości te polegają na tym, że przy wybuchach o mocy mniejszej od 1 kt promienie stref utraty właściwości użytkowych sprzętu i uzbrojenia zmniejszają się szybciej niż to wynika z prawa podobieństwa wybuchów^{x/}. Zjawisko to interpretuje się tym, że w odróżnieniu od wybuchów jądrowych dużych i średnich mocy, skrócenie czasu działania fazy dodatniej nadciśnienia znacznie silniej wpływa na zmniejszenie działania miotającego, a więc wartość nadciśnienia wywołującego te same skutki znacznie wzrasta. W związku z tym ten sam stopień uszkodzeń sprzętu i uzbrojenia w rejonach wybuchów jądrowych małych mocy /również neutronowych/ wywołowany jest tym większym nadciśnieniem im mniejsza jest moc wybuchu.

Orientacyjne nadciśnienie fali uderzeniowej, powodujące utratę właściwości użytkowych sprzętu i uzbrojenia w rejonach
^{x/} Prawo podobieństwa wybuchów - patrz str. 45

powietrznych wybuchów jądrowych małych mocy, przedstawiono w tabeli 34.

Tabela 34

Orientacyjne wartości nadciśnienia / kg/cm^2 / fali uderzeniowej powietrznego wybuchu jądrowego, powodujące utratę właściwości użytkowych sprzętu bojowego i uzbrojenia

Rodzaj sprzętu bojowego i uzbrojenia /objektu/	Moc wybuchu, t	
	10	500
1. Czołgi ciężkie i średnie	3	1,2
2. Czołgi lekkie, działa artylerii naziemnej, moździerze, radiostacje przenośne i tarcza metalowa z paliwem	1,3	0,8
3. Drewniane mosty niskowodne	1,4	0,7
4. Transportery opancerzone i działa artylerii przeciwlotniczej	0,9	0,55
5. Ciężkie karabiny maszynowe	0,8	0,5
6. Lekkie działa bezodrzutowe, artyleryjskie ciągniki gasienicowe, samochody ciężarowe i stacje radiolokacyjne typu SON-1	0,6	0,35
7. Rakiety balistyczne i skrzydlate oraz ciężkie działa bezodrzutowe	0,35	0,25
8. Autobusy i radiostacje na podwoziu samochodowym	0,3	0,22
9. Stacje radiolokacyjne typu P-12M i P-14	0,3	0,2
10. Stacje radiolokacyjne typu PAB-10 i P-20	0,25	0,15

Nadciśnienie czoła fali uderzeniowej w dowolnej odległości od wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt ma w przybliżeniu taką samą wartość jak nadciśnienie czoła fali uderzeniowej w tej

samej odległości od wybuchu ładunku rozszczepieniowego o mocy 0,5 kt^{x/}, Oznacza to, że przy wyznaczaniu stref utraty właściwości bojowych sprzętu i uzbrojenia działaniem fali uderzeniowej, można korzystać z nadciśnień wywołujących uszkodzenia sprzętu odpowiadających mocy 0,5 kt. Z porównania danych z tabeli 34 z wykresami zależności nadciśnienia czoła fali uderzeniowej wybuchu neutronowego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu /rys.4/ otrzymano promienie stref utraty właściwości użytkowych sprzętu i uzbrojenia. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 35.

Tabela 35

Promienie stref utraty właściwości użytkowych sprzętu i uzbrojenie /m/ w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt działaniem fali uderzeniowej

Rodzaj sprzętu /uzbrojenie/	Wysokość wybuchu, m		
	150	300	450
1. Czołgi ciężkie i średnie	200	-	-
2. Czołgi lekkie, działa artylerii naziemnej, moździerze, radiostacje przenośne, tarcza metalowa z paliwem	280	0	-
3. Drewniane mosty niskowodne	300	130	-
4. Transportery opancerzone, działa artylerii przeciwlotniczej	360	230	-
5. Ciężkie karabiny maszynowe	380	260	-
6. Lekkie działa bezodrzutowe artyleryjskie ciągniki gąsienicowe, samochody ciężarowe, stacje radiolokacyjne typu SON-1	470	380	150

x/ Patrz wniosek 2 do pkt. 3.1.

1	2	3	4
7. Rakiety balistyczne i skrzydlate, ciężkie działa bezodrzutowe	610	580	380
8. Autobusy, radiostacje na samochodach	680	760	450
9. Stacje radiolokacyjne typu P-12M i P-15	740	780	480
10. Stacje radiolokacyjne typu PAB-10 i P-20	850	959	800

3.2. Działanie promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie

Promieniowanie przenikliwe wybuchu neutronowego działa niszcząco na urządzenia elektroniczne, wywołuje aktywność wzbudzoną w metalowych elementach konstrukcyjnych sprzętu bojowego i uzbrojenia, może powodować matowienie szkieł urządzeń optycznych oraz naświetlenie materiałów fotograficznych. Ogólnie przyjmuje się, że najistotniejsze z punktu widzenia użytkowania sprzętu bojowego i uzbrojenia to: działanie neutronów na urządzenia elektroniczne i aktywacja metali. Problemy te nie będą w niniejszej rozprawie do końca rozstrzygnięte, gdyż ze względu na skomplikowany charakter procesów wymagają odrębnych prac doświadczalnych w specjalistycznych laboratoriach i zaangażowania dużych zespołów ludzkich oraz znacznych nakładów finansowych. Przeprowadzone niżej obliczenia mają więc charakter jakościowy i ilustracyjny.

3.2.1. Działanie promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego na sprzęt radioelektroniczny

Współczesne środki walki posiadają wiele różnorodnych podzespołów, urządzeń i systemów elektronicznych, których sprawność i niezawodność działania decyduje o przydatności użytkowej całego sprzętu. Najliczniejszą grupę i jedną z najważniejszych stanowią środki łączności. Zniszczenie i uszkodzenie ich pozbawia dowódców możliwości kierowania działaniami bojowymi, czego konsekwencje są aż nazbyt oczywiste. Problem zniszczeń i uszkodzeń urządzeń radioelektronicznych i zakłóceń systemów łączności w warunkach użycia broni jądrowej występował również dotychczas, jednak skala problemu w wypadku stosowania broni neutronowej nadaje mu zupełnie nową jakość.

W odróżnieniu od sposobów oddziaływania promieniowania przenikliwego na organizmy żywe, gdzie rażące działanie promieniowania gamma i neutronowego okazuje się w skutkach identyczne, oddziaływanie tego promieniowania na sprzęt radioelektroniczny w istotnej mierze zależy od jego rodzaju. Zniszczenia i uszkodzenia detali i podzespołów urządzeń radioelektronicznych wynikają z mechanizmów współdziałania fotonów gamma i neutronów z materią. Fotony gamma, oddziaływując na powłoki elektronowe atomów, wywołują jonizację ośrodka jednak w krystalicznych ciałach stałych nie wywołują trwałych zmian. Neutrony, niezależnie od tego, że przenikając przez substancję stałą wywołują jonizację pośrednią i powodują te same zmiany /odwracalne/ co promieniowanie gamma, współdziałając z jądrami atomów trwale naruszają właściwości fizyczne ciał stałych.

Do najważniejszych procesów współdziałania neutronów z materią, które naruszają własności elektryczne ciał stałych można zaliczyć - opisane wyżej - dwa zjawiska: rozproszenie sprężyste i wychwyt neutronów.

W wyniku zderzenia neutronu z jądrem atomowym pierwiastka znajdującym się w węźle siatki krystalicznej, jądro uzyskuje określoną energię kinetyczną i opuszcza swoje dotychczasowe miejsce w kryształce. Zjawiska te burzą strukturę kryształu i zmieniają jego właściwości fizyczne, w tym elektryczne. Podobne skutki wywołuje proces wychwytu neutronów. Utworzone w tym procesie izotopy promieniotwórcze ulegają następnie rozpadowi, co prowadzi m.in. do powstawania nowych pierwiastków chemicznych. Zmiana własności chemicznych i fizycznych substancji napromienionej neutronami jest w takich wypadkach oczywista.

Wrażliwość na promieniowanie neutronowe detali i urządzeń radioelektronicznych zależy od typu detalu /urządzenia/. Najbardziej wrażliwe są te, w stosunku do których stawiane są wysokie wymagania techniczne w zakresie składu chemicznego i struktury krystalicznej. Wymogom takim powinny odpowiadać np.: urządzenia półprzewodnikowe. W półprzewodnikach obserwuje się duże zmiany własności elektrycznych przy stosunkowo małej wartości strumienia neutronów. Głębokie i trwałe /nieodwracalne/ zmiany własności elektrycznych półprzewodników pod wpływem promieniowania neutronowego polegają na zmianie napięciowo-prądowych charakterystyk diod, zmniejszeniu prądu wzmocnienia i zwiększeniu prądu wstecznego triod. Wielkości tych zmian zależą od całkowitego strumienia neutronów a nie zależą od czasu oddziaływania promieniowania. Jest to istotne z punktu widzenia wielokrotnego napromienienia sprzętu radioelektronicznego.

Typ urządzenia	Wrażliwość	Strumień neutronów neutr/cm ²				
		10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁵
Tranzystory	max	-----				
	min			-----	-----	
Diody półprzewodnikowe	max		-----	-----		
	min				-----	
Kondensatory	max		-----	-----		
	min					
Rezystory	max		-----	-----		
	min			-----	-----	
Neonówki	max				-----	
	min					
Urządzenia próżniowe	max			-----	-----	
	min					

----- Zmiana charakterystyk
 ————— Zniszczenie

Rys 25. Wrażliwość detali radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe.

Zmiany własności elektrycznych przy wielokrotnym napromienieniu kumulują się i po przekroczeniu określonej sumarycznej wartości progowej strumienia neutronów ujawniają się w postaci trwałych uszkodzeń sprzętu. Wrażliwość na promieniowanie neutronowe różnych rodzajów detali i podzespołów urządzeń radioelektronicznych zilustrowana została orientacyjnie na rysunku 25.

Obszary zaznaczone na rysunku jako "zmiana charakterystyk" oznaczają, że w wyniku napromienienia neutronami o danych wartościach strumienia, urządzenia te, jeżeli pracują w niezbyt obostrzonych reżimach, mogą nadal spełniać swoje funkcje. W danym przedziale wartości strumienia neutronów pogarszają się ich własności elektrycznych. Dla każdego rodzaju urządzeń wskazano dość szeroki przedział wrażliwości na promieniowanie neutronowe, który ograniczony jest maksymalną i minimalną wartością strumienia. Przedziały te dotyczą wszystkich klas danego typu urządzeń. Konkretny rodzaj urządzenia /detalu/ posiada ściśle ustalone progi zmiany charakterystyk i zniszczenia. Szeroki przedział oznacza, że w ramach danej klasy urządzeń /podzespołów, detali/ wrażliwość na promieniowanie neutronowe jest zróżnicowana w dość szerokich granicach. Dane prezentowane na rysunku 25 mają więc orientacyjny charakter i nie dostarczają informacji o wrażliwości na promieniowanie neutronowe konkretnego, dowolnie wybranego, detalu /podzespołu/ mogą być jednak przydatne do oceny skutków działania promieniowania neutronowego na radioelektroniczny sprzęt wojskowy w warunkach polowych. Na podstawie tych danych, oraz po porównaniu ich z wykresem strumienia neutronów, można ustalić prawdopodobny stopień zniszczeń i uszkodzeń sprzętu radioelektronicznego w rejonie wybuchu ładunku neutronowego.

Z rysunku 25 wynika, że znaczna część detali i podzespołów radioelektronicznych traci właściwości użytkowe przy napromienieniu strumieniem neutronów w granicach 10^{13} - 10^{14} neutr/cm². Takich wartości strumienia neutronów można się spodziewać w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt w odległości

około 500 m od punktu zerowego wybuchu. Uszkodzenia /zmiana charakterystyk/ znacznej części detali i podzespołów sprzętu radioelektronicznego następują w wyniku napromienienia strumieniem neutronów w granicach $10^{11} - 10^{13}$ neut./cm², co odpowiada odległościom 500-1200 metrów od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt. Strumień neutronów 10^{11} neut./cm² stanowi dolną granicę wrażliwości sprzętu radioelektronicznego na to promieniowanie, poniżej której nie następuje uszkodzenie sprzętu /przy jednokrotnym napromienieniu/. Warto jednak zaznaczyć, że w związku z efektem kumulowania się zmian elektrycznych, napromienienie nawet dużo mniejszym strumieniem nie pozostaje bez wpływu na dalszą eksploatację tego sprzętu w warunkach istnienia możliwości napromienienia kolejną porcją neutronów.

Z porównania danych zawartych na rysunku 25 z prawdopodobnymi wartościami strumieni neutronów w rejonie wybuchu ładunku neutronowego /rys.9/ określona została zależność zniszczeń i uszkodzeń sprzętu radioelektronicznego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu ładunku neutronowego /tabela 36/.

Do obliczeń przyjęto :

- pogorszenie parametrów sprzętu = 10^{12} neutr./cm²;
- zniszczenie sprzętu = 10^{14} neutr./cm².

Tabela 36

Orientacyjne promienienie zniszczeń i uszkodzeń sprzętu elektronicznego /m/ w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaj skutków	Wysokość wybuchu, m		
	150	300	450
Pogorszenie parametrów sprzętu	1130	1100	1050
Zniszczenie sprzętu	430	330	0

3.2.2. Aktywacja neutronami niektórych rodzajów sprzętu bojowego i uzbrojenia

Podczas opisu współdziałania promieniowania przenikliwego z materią, wspomniane zostało zjawisko aktywacji, które polega na powstawaniu izotopów radioaktywnych w wyniku wychwytu przez pierwiastki neutronów. Główną rolę odgrywa tu wychwyty neutronu i emisja fotonu gamma, czyli powstawanie pierwiastków gamma-promieniotwórczych. Fakt istnienia dużych strumieni neutronów w rejonie wybuchu ładunku neutronowego /tabela 10/, w tym poza zasięgiem działania na sprzęt i uzbrojenie fali uderzeniowej /tabela 35/, upoważnia nas do postawienia hipotezy, że zjawisko aktywacji niektórych rodzajów uzbrojenia, wozów bojowych i transporterów opancerzonych może osiągnąć rozmiary nie spotykane dotychczas w warunkach stosowania broni jądrowej rozszczepieniowej i termojądrowej i stworzyć zagrożenie dla żołnierzy posługujących się tym uzbrojeniem i sprzętem. Należy przypuszczać, że wysoka radioaktywność będzie utrzymywać

się długi czas po wybuchu i, w zależności od jej wartości początkowej, sprzęt na okres od kilku godzin do kilku dni może utracić właściwości użytkowe.

Celem sprawdzenia tej hipotezy dokonamy teoretycznego obliczenia aktywności sprzętu i uzbrojenia, wywołanej neutronami o wartościach strumienia jakie przewiduje się w rejonie wybuchu ładunku neutronowego, określimy kryteria oceny stopnia zagrożenia załóg /obsług/ czołgów, transporterów opancerzonych i dział oraz dokonamy tej oceny ze względu na obliczoną aktywność.

Biorąc pod uwagę stosunkowo dużą podatność metali na aktywację i ich duży udział wagowy w materiałach konstrukcyjnych sprzętu bojowego należy spodziewać się dużej aktywności wzbudzonej w tych właśnie materiałach. Obliczenia przeprowadzimy dla stopów stali stosowanych do produkcji pancerzy czołgów i transporterów opancerzonych oraz do produkcji gąsienic.

Do obliczeń przyjmujemy wartości strumienia neutronów w granicach 10^{10} - 10^{15} neutr./cm². Granice te odpowiadają odległościom od punktu zerowego wybuchu odpowiednio 1600 i 150 m. Dalsza granica uwarunkowana jest przewidywaną znikomą aktywacją, a bliższa - przewidywanym zniszczeniem sprzętu w wyniku działania pozostałych czynników rażenia /promieniowania cieplnego i fali uderzeniowej/.

3.2.2.1. Aktywność wzbudzona w stali pancernej i gąsienicowej

Aktywnością nazywa się szybkość rozpadu promieniotwórczego pierwiastka. Określa ona liczbę atomów tego pierwiastka ulegających rozpadowi w jednostce czasu. Aktywność zależy od

rodzaju pierwiastka i izotopu, a dla danego izotopu od jego masy. Jest ona miarą ilości izotopu promieniotwórczego w próbie. Aktywność najczęściej oznacza się literą A i mierzy w ilości aktów rozpadu w jednostce czasu. Jednostką aktywności jest s^{-1} , dopuszczalna jest, częściej używana w praktyce, jednostka min^{-1} .

Aktywność odniesiona do jednostki masy substancji promieniotwórczej nazywa się aktywnością właściwą. Jest ona miarą stężenia izotopu promieniotwórczego w próbie. Aktywność właściwą najczęściej oznacza się literą a . Mierzy się w ilości aktów rozpadów promieniotwórczych w jednostce czasu i na jednostkę masy. Jednostką aktywności właściwej jest $s^{-1} \cdot kg^{-1}$ lub $min^{-1} \cdot kg^{-1}$.

Aktywność odniesiona do jednostki objętości substancji promieniotwórczej nazywa się aktywnością objętościową. Mierzy się ją w ilości aktów rozpadu w jednostce czasu i na jednostkę objętości. Będziemy ją oznaczać literą a_v . Jednostką aktywności objętościowej jest $s^{-1} \cdot cm^{-3}$ lub $min^{-1} \cdot cm^{-3}$.

Aktywność odniesiona do jednostki powierzchni nazywa się aktywnością powierzchniową. Jest ona miarą stopnia skażenia powierzchni substancją promieniotwórczą /miarą ilości substancji promieniotwórczej na powierzchni skażonej/. Aktywność powierzchniową /stopień skażenia promieniotwórczego powierzchni/ oznacza się najczęściej literą Q . Mierzy się ją w ilości aktów rozpadu w jednostce czasu i na jednostkę powierzchni. Jednostką aktywności powierzchniowej jest $s^{-1} \cdot cm^{-2}$ lub $min^{-1} \cdot cm^{-2}$.

Aktywność objętościową mieszaniny różnych izotopów promieniotwórczych, wzbudzoną promieniowaniem neutronowym w rejonie

wybuchu jądrowego, w dowolnym czasie po wybuchu można określić ze wzoru: x/

$$a_v = 10^{18} \cdot g \cdot \Phi \cdot \sum_{i,k} \frac{c_i \cdot c_k \cdot \sigma_k \cdot \lambda_k}{A_i} \cdot e^{-\lambda_k \cdot t} \quad \dots 47$$

gdzie: a_v - aktywność objętościowa, rozp./min.cm³;

g - gęstość ośrodka, g/cm³;

Φ - strumień neutronów termicznych, neutr./cm²;

c_i - procentowy udział aktywowanego pierwiastka w środowisku, % ;

c_k - procentowy udział aktywowanego izotopu w naturalnej mieszaninie izotopów danego pierwiastka chemicznego, %;

A_i - ciężar gramoatomu pierwiastka, g;

σ_k - przekrój czynny reakcji jądrowej, cm²;

λ_k - stała rozpadu izotopu promieniotwórczego powstałego w wyniku wychwytu neutronu przez k-ty pierwiastek, h⁻¹;

t - czas od momentu wybuchu, h.

Aby skorzystać ze wzoru 21 należy znać skład procentowy interesujących nas materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, procentowe udziały aktywowanych izotopów w naturalnej mieszaninie izotopów pierwiastków chemicznych wchodzących w skład materiałów konstrukcyjnych, przekroje czynne na reakcję wychwytu neutronów poszczególnych składników tych materiałów i stałe rozpadu powstających w tej reakcji izotopów promieniotwórczych.

W pierwszej kolejności rozpatrzymy skład procentowy wytypowanych już dwóch rodzajów stali: pancernej i gąsienicowej.

x/ Bojowyje swojstwa jadiernogo oruzija. WIMO SSSR Moskwa 1967 rok, s.226.

Stal pancerna jest to stal chromoniklowa o orientacyjnym składzie^{x/}: żelazo 84 - 97 %, chrom 0,5 - 3 %, nikiel 1 - 4 %, krzem 0,2 - 4,5 %, wolfram 0,5 - 3 %, węgiel 0,25 - 0,7 % i mangan 0,3 - 1,5 %. W postaci domieszek posiada: tytan /do 0,95%/, wanad /do 0,05%/, molibden /do 0,05 %/ glin /do 0,1 %/, kobalt /do 0,2 %/ i miedź /do 0,2 %/.

Gąsienice wozów bojowych wykonuje się ze stali manganowej Hadfielda^{xx/}. Jest to stal węglowa o zawartości manganu 11-14 %. Stal węglowa posiada orientacyjny skład: węgiel do 2 %, glin do 0,1 %, krzem do 0,4 %, tytan do 0,05 %, wanad do 0,05 %, chrom do 0,3 %, kobalt do 0,2 %, nikiel od 0,3 %, miedź do 0,2%, molibden do 0,05 % i wolfram do 0,2 %.

Na podstawie powyższych danych ułożone zostały tabele o zvariantowanym składzie procentowym stali pancernej i stali gąsienicowej /tabele 37 i 38/. Każda z nich zawiera po trzy warianty składników. Pierwszy wariant - maksymalna ilość żelaza i minimalne ilości domieszek, drugi - średnie ilości żelaza i domieszek, trzeci - minimum żelaza i maksimum domieszek. Takie postawienie problemu pozwoli nie tylko oszacować wartość bezwzględną aktywności poszczególnych rodzajów stali ale również określić wpływ domieszek na zmianę aktywności. Przyjęcie do obliczeń zvariantowanego składu procentowego stali podyktowane jest również tym, że składy procentowe pancerzy i gąsienic sprzętu bojowego różnią się znacznie od siebie, w zależności od typu, rodzaju, wzoru i roku produkcji sprzętu lecz orientacyjnie mieszczą się w wyznaczonych w tabelach ramach. Dzięki temu możemy uogólnić zjawisko aktywacji sprzętu bojowego bez, zbyte-

x/ Mała Encyklopedia Wojskowa, MON, Warszawa, 1967 r.
xx/ Tamże.

cznej-dla założonych celów - konkretyzacji tego sprzętu.

Tabela 37

Zvariantowany skład stali pancerniej, przyjęty
do obliczeń aktywacji neutronami

Lp.	Składniki	Zawartość składników, %		
		Wariant I	Wariant II	Wariant III
1	Węgiel	0,25	0,5	0,7
2	Glin	0,1	0,1	0,1
3	Krzem	0,2	2,7	4,5
4	Tytan	0,05	0,05	0,05
5	Wanad	0,05	0,05	0,05
6	Chrom	0,5	1,75	3
7	Mangan	0,3	0,9	1,5
8	Żelazo	96,6	89,35	82,65
9	Kobalt	0,2	0,2	0,2
10	Nikiel	1	2,5	4
11	Miedź	0,2	0,2	0,2
12	Molibden	0,05	0,05	0,05
13	Wolfram	0,5	1,75	3

Tabela 38

Zvariantowany skład stali gasienicowej, przyjęty
do obliczeń aktywacji neutronami

Lp.	Składniki	Zawartość składników, %		
		Wariant I	Wariant II	Wariant III
1	Węgiel	2	2	2
2	Glin	0,1	0,1	0,1
3	Krzem	0,4	0,4	0,4
4	Tytan	0,05	0,05	0,05
5	Wanad	0,05	0,05	0,05
6	Chrom	0,3	0,3	0,3
7	Mangan	11	12,5	14

1	2	3	4	5
8	Żelazo	85,15	83,65	82,15
9	Kobalt	0,2	0,2	0,2
10	Nikiel	0,3	0,3	0,3
11	Miedź	0,2	0,2	0,2
12	Molibden	0,05	0,05	0,05
13	Wolfram	0,2	0,2	0,2

Przekroje czynne na aktywację neutronami termicznymi poszczególnych izotopów pierwiastków chemicznych wchodzących w skład materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, ich procentowe udziały w naturalnych mieszaninach izotopów i ciężary gramoatomów tych pierwiastków zestawiono w tabeli 39. Przekroje czynne podane są w barnach, co odpowiada 10^{-24}cm^2 . W tabeli 39 nie uwzględniono izotopów węgla, ponieważ wychwyty neutronów przez ten pierwiastek nie prowadzi do powstania izotopów gamma-promieniotwórczych.

Tabela 39

Przekroje czynne izotopów na aktywację neutronami termicznymi, w barnach, procentowy udział w naturalnej mieszaninie izotopów i ciężary gramoatomów składników materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego

Pierwiastek chemiczny	Ciężar gramoatomu, g/mol	Izotop	% w naturalnej mieszaninie	Przekrój czynny na aktywację, barn.
1	2	3	4	5
Glin	26,98	27 Al	100	0,21
Krzem	28,09	30 Si	3,12	0,11
Tytan	47,90	50 Ti	5,25	0,14
Wanad	50,94	51 V	99,8	4,5
Chrom	51,97	50 Cr	4,53	13,5

1	2	3	4	5
Mangan	54,94	55 Mn	100	13,4
Żelazo	55,85	58 Fe	0,31	0,9
Kobalt	58,93	53 Co	100	20
Nikiel	58,71	64 Ni	1,16	1,6
Miedź	63,54	63 Cu 65 Cu	69 31	3,9 1,8
Molibden	95,94	98 Mo 100 Mo	23,75 9,62	0,45 0,2
Wolfram	183,85	180 W 186 W	0,135 28,4	10 34

Stałe rozpadu pierwiastków promieniotwórczych - produktów reakcji wychwytu neutronów - są wielkościami rzadko używanymi w praktyce. Częściej używa się wielkości zwanych okresami połowicznego rozpadu, okresami połowicznego zaniku lub -krócej- okresami półrozpadu. Stała rozpadu z okresem połowicznego rozpadu związana jest następującą zależnością:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad \dots 48$$

gdzie λ - stała rozpadu, h^{-1} ;

T - okres połowicznego rozpadu, h.

Okresy połowicznego rozpadu T izotopów promieniotwórczych, które powstają w wyniku wychwytu neutronu przez aktywowane składniki materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, zestawione zostały w tabeli 40. W tabeli tej podana jest także energia kwantów gamma powstających w procesie rozpadu promieniotwórczego oraz procentowy udział kwantów o danej energii w stosunku do energii wyzwolonej podczas rozpadu danego izotopu.

Tabela 40

Okresy połowicznego rozpadu T, energia i procentowy udział kwantów promieniowania gamma o danej energii w rozpadzie promieniotwórczym izotopów powstałych po aktywacji

Izotop promienio- twórczy	T	E /MeV/	% prom. gamma
1	2	3	4
^{28}Al	2,3 min.	1,78	100
^{31}Si	2,65 h	1,26	0,07
^{51}Ti	5,79 min.	0,605	1,4
		0,928	4,2
		0,323	95,8
^{52}V	3,76 min.	1,44	100
^{51}Cr	27,8 dni	0,32	10
^{56}Mn	2,58 h	2,98	0,4
		2,13	15
		2,65	1,8
		1,81	24
		0,845	99
^{59}Fe	45,1 dni	0,191	3
		1,29	43
		1,1	57
^{60}Co	5,3 lat	1,17	99,9
^{65}Ni	2,56 h	0,37	4,1
		1,49	24,9
		1,12	18,1
^{64}Cu	12,8 h	1,34	0,43
^{66}Cu	5,15 min.	1,05	9

1	2	3	4
^{99}Mo	67 h	0,78	8
		0,70	6
		0,337	1
		0,041	5
		0,181	6
^{101}Mo	14,6 h	0,515	96
		0,083	93,5
		0,096	3,5
		2,04	8,5
^{181}W	140 dni	0,152	0,176
		0,136	0,114
^{187}W	24 h	0,686	12
		0,480	8
		0,206	5
		0,072	3
		0,132	3

W tabeli 41 zestawione zostały wyniki obliczeń aktywacji stali pancernej i gąsienicowej strumieniem neutronów 10^{10} neutr./cm². Aktywność obliczona jest dla trzech wariantów składu procentowego /tabela 37 i 38/ i czasu od 1 godz. do 10^5 godz., tj. ok. 11.4 lat po wybuchu. W celu obliczenia aktywności stali wywołanej większym lub mniejszym strumieniem neutronów termicznych należy wartość odczytaną z tabeli 41 pomnożyć przez $10^{-10} \Phi_t$, gdzie Φ_t - interesująca nas wartość strumienia neutronów termicznych.

Tabela 41

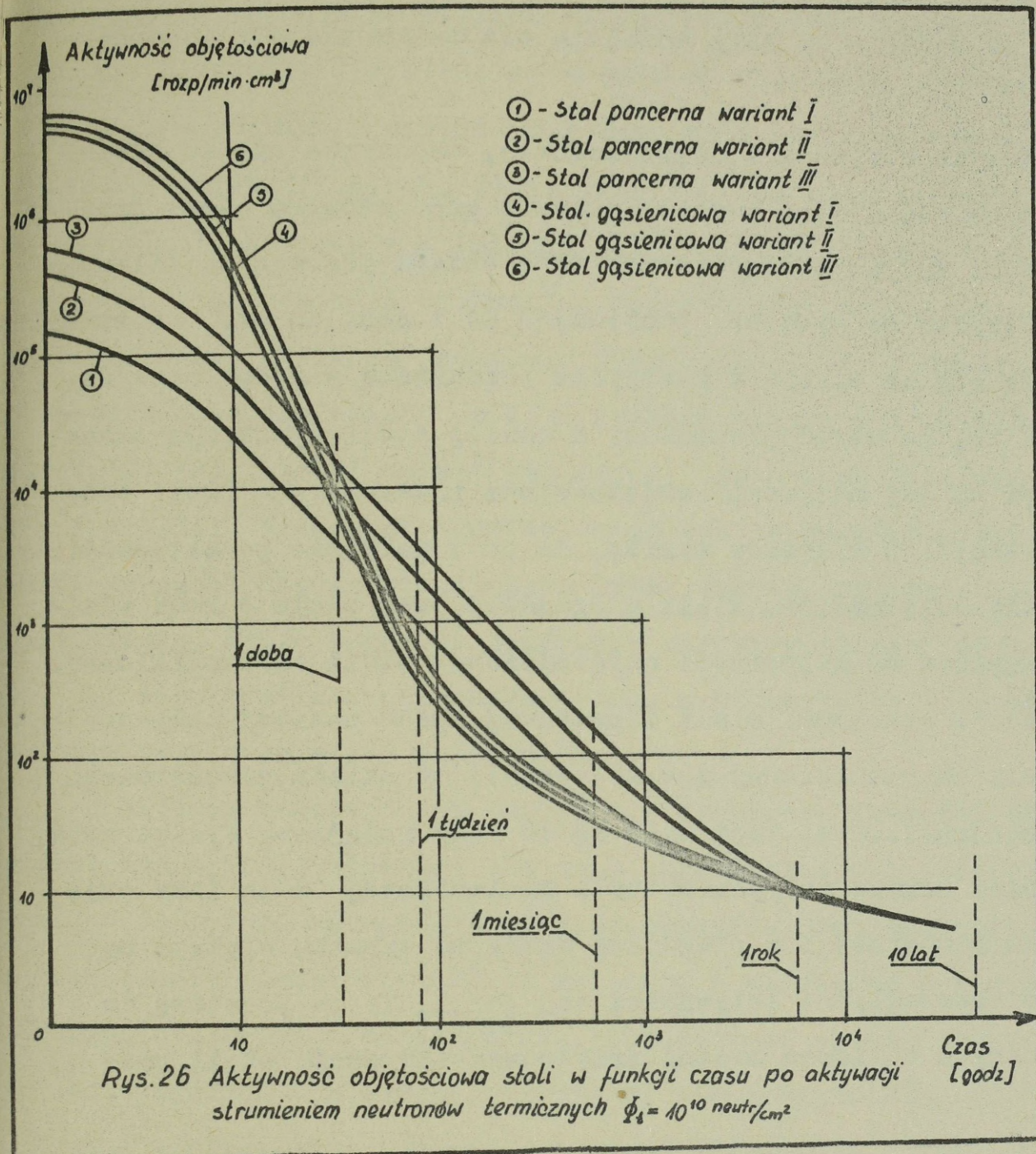
Aktywność objętościowa, rozp./cm³min, stali pancerniej i gąsienicowej w różnym czasie po aktywacji strumieniem neutronów termicznych 10¹⁰ neutr./cm²

Czas po aktywacji w godzinach	Aktywność objętościowa, a _v w rozp./min.cm ³		
A. Stal pancerna o składzie procentowym wg wariantów:			
	Wariant I	Wariant II	Wariant III
1	2	3	4
1	1,27 · 10 ⁵	3,77 · 10 ⁵	6,27 · 10 ⁵
3	7,74 · 10 ⁴	2,29 · 10 ⁵	3,80 · 10 ⁵
5	4,81 · 10 ⁴	1,42 · 10 ⁵	2,35 · 10 ⁵
10	1,71 · 10 ⁴	4,93 · 10 ⁴	8,15 · 10 ⁴
30	3,32 · 10 ³	9,75 · 10 ³	1,62 · 10 ⁴
50	1,71 · 10 ³	5,32 · 10 ³	8,92 · 10 ³
100	4,20	1,35 · 10 ³	2,28 · 10 ³
300	63,9	152	241
500	53,8	124	193
10 ³	37,4	78,8	120
3 · 10 ³	13,2	18,3	23,4
5 · 10 ³	8,60	9,24	9,89
10 ⁴	6,86	6,88	6,90
3 · 10 ⁴	5,05	5,05	5,05
5 · 10 ⁴	3,75	3,75	3,75
10 ⁵	1,78	1,78	1,78
B. Stal gąsienicowa o składzie procentowym wg wariantów:			
	Wariant I	Wariant II	Wariant III
1	4,30 · 10 ⁶	4,89 · 10 ⁶	5,48 · 10 ⁶

1	2	3	4
3	$2,52 \cdot 10^6$	$2,86 \cdot 10^6$	$3,20 \cdot 10^6$
5	$1,47 \cdot 10^6$	$1,67 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^6$
10	$3,87 \cdot 10^5$	$4,39 \cdot 10^5$	$4,91 \cdot 10^5$
30	$3,54 \cdot 10^3$	$3,78 \cdot 10^3$	$4,02 \cdot 10^3$
50	864	865	865
100	203	203	202
300	47,0	46,7	46,3
500	40,3	40,0	39,8
10^3	29,1	29,0	28,7
$3 \cdot 10^3$	11,9	11,9	11,8
$5 \cdot 10^3$	8,37	8,35	8,34
10^4	6,85	6,85	6,85
$3 \cdot 10^4$	5,05	5,05	5,05
$5 \cdot 10^4$	3,75	3,75	3,75
10^5	1,78	1,78	1,78

Na podstawie tabeli 41 sporządzone zostały wykresy /rys.26/, obrazujące zależność aktywności objętościowej stali o różnym składzie procentowym od czasu jaki upłynął od momentu aktywacji. Wykresy dotyczą jednej, dowolnie wybranej, wartości strumienia neutronów $/10^{10}$ neutr./cm²/. Zobrazowany na rysunku 26 charakter zmian aktywności objętościowej jest identyczny dla innych wartości strumienia, co wynika z liniowej zależności pomiędzy aktywnością i strumieniem neutronów.

Analiza wykresów pozwala sformułować ważne wnioski dotyczące charakteru i szybkości zmian aktywności właściwej stali w czasie i jej zależności od składu procentowego stali.



Nie-zależnie od składu procentowego stali, w miarę upływu czasu po wybuchu, jej aktywność objętościowa systematycznie zmniejsza się. Spadek aktywności jest nierównomierny i ma charakterystyczny przebieg w różnych przedziałach czasowych po wybuchu. W czasie od jednej godziny do jednego tygodnia po wybuchu następuje bardzo gwałtowny spadek aktywności, pod koniec przedziału aktywność stali pancernej zmniejsza się orientacyjnie 100-razy i stali gąsienicowej 10 000 razy. Na początku

przedziału aktywność stali gąsienicowej jest około 10 razy większa, a na końcu - 10 razy, mniejsza niż aktywność stali pancерnej.

Krzywe aktywności objętościowej, odnoszące się do poszczególnych rodzajów i różnych składów procentowych stali, przebiegają na dużych odległościach od siebie w pierwszych kilkunastu godzinach po wybuchu, poczynając od 1 doby do ok. 1 roku zbliz zblizają się do siebie a następnie przechodzą w jedną krzywą. Oznacza to, że skład procentowy i rodzaj stali wywierają znaczny wpływ na jej aktywność objętościową przez bardzo długi czas po aktywacji. Z wykresów wynika, że po 1 godzinie po aktywacji aktywność objętościowa stali manganowej jest około o rząd wielkości większa od aktywności objętościowej stali chromoniklowej. Po tygodniu aktywność stali manganowej spada poniżej aktywności stali chromoniklowej i w zależności od składu procentowego stali chromoniklowej jest od 3 do 10 razy mniejsza. Wynika stąd, że chociaż krzywe aktywności stali gąsienicowej mają inny przebieg niż pancерnej i w pierwszej dobie po wybuchu większe są wartości bezwzględne aktywności tej stali, to za podstawę do praktycznych obliczeń możemy przyjmować aktywność stali pancерnej.

3.2.2.2. Dopuszczalna aktywność objętościowa niektórych rodzajów sprzętu bojowego

Na wstępie postawiliśmy hipotezę, że w rejonie wybuchu ładunku neutronowego znaczna część sprzętu bojowego, która nie ulegnie zniszczeniu lub uszkodzeniu wskutek rażącego działania fali uderzeniowej może utracić walory użytkowe na dość

długi czas po wybuchu ze względu na aktywację tego sprzętu neutronami. Z tabeli 41 wynika, że wzbudzona aktywność objętościowa elementów stalowych sprzętu bojowego może zawierać się w bardzo szerokich granicach, które określone są zmienną wartością strumienia neutronów w funkcji odległości od punktu zerowego wybuchu i czasem jaki upłynął od momentu aktywacji. Aby ocenić przydatność użytkową poszczególnych egzemplarzy radioaktywnego sprzętu bojowego należy ustalić granicę aktywności objętościowej, powyżej której sprzęt ten należy uznawać za niebezpieczny dla ludzi. Niebezpieczeństwo to polega na narażeniu żołnierzy na pochłonięcie określonych dawek wskutek napromienienia zewnętrznego, które mogą być przyczyną utraty zdolności bojowej, tj. wywoływać chorobę popromienną, a w skrajnych przypadkach być przyczyną zejść śmiertelnych.

Ustalenie bezpiecznych wartości progowych aktywności objętościowej sprzętu bojowego nie jest sprawą prostą i jednoznaczną. Radioaktywny sprzęt bojowy jest specyficznym, zamkniętym źródłem promieniowania $\gamma^x/$ o zmiennej - malejącej w czasie - aktywności. Dawki promieniowania, pochłaniane przez żołnierzy obsługujących ten sprzęt, zależą od wielu czynników, które na drodze teoretycznej trudno jest określić. Między innymi zależą one od aktywności objętościowej początkowej, całkowitego ciężaru sprzętu, grubości jego elementów konstrukcyjnych /pancerzy/ i ich kształtu, rozmieszczenia członków załogi /obsługi/ wewnątrz przedziałów bojowych /przy sprzęcie/ oraz czasu rozpoczęcia i długości przebywania /posługiwania się tym sprzętem/. Czynniki te powodują, że ściśle powiązanie dawki z aktyw-

x/ Zamknięte źródło promieniowania powoduje napromienianie organizmu z zewnątrz bez możliwości przedostania się substancji promieniotwórczych do wnętrza /przez skórę, śluzówki, drogi pokarmowe i drogi oddechowe/.

nością objętościową, nawet dla jednorodnego sprzętu, np.: czołgów czy BWP, jest praktycznie niemożliwe. Kryteria oceny przydatności użytkowej sprzętu bojowego na podstawie jego aktywności objętościowej muszą więc zakładać wiele uproszczeń w stosunku do warunków realnych. Do oceny tej można zaproponować kryterium dopuszczalnej mocy dawki.

Dopuszczalną aktywność objętościową elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, w powiązaniu z przyjętą dopuszczalną mocą dawki, panującą wewnątrz przedziału bojowego /przy sprzęcie/ można - orientacyjnie - określić ze wzoru:

$$a_v = \frac{A \cdot R^2 \cdot P \cdot d \cdot k}{G \cdot E \cdot \mu} \quad \dots 49$$

- gdzie:
- a_v - aktywność objętościowa elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, rozp. $\text{min}^{-1}\text{cm}^{-3}$;
 - R - średnia odległość członków załogi /obsługi/ od elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, cm;
 - P - założona moc dawki wewnątrz wozów bojowych /przy sprzęcie/, $\text{R} \cdot \text{h}^{-1}$;
 - d - ciężar właściwy materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, $\text{G} \cdot \text{cm}^{-3}$;
 - k - współczynnik pochłaniania promieniowania gamma, pochodzącego od radioaktywnych materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, wewnątrz tych materiałów, wielkość bezwymiarowa;
 - G - ciężar całkowity radioaktywnych elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, G;
 - E - średnia energia kwantów gamma, emitowanych przez radioaktywne izotopy w materiałach konstrukcyjnych sprzętu bojowego, MeV;

μ - liniowy współczynnik pochłaniania promieniowania gamma w powietrzu, cm^{-1} ;

A - współczynnik uwzględniający geometrię układu, jednostki i średnią liczbę kwantów gamma, przypadających na jeden rozpad izotopów promieniotwórczych.

Celem wyznaczenia dopuszczalnej aktywności objętościowej niektórych rodzajów sprzętu bojowego i uzbrojenia oszacujemy parametry we wzorze 49.

Średnia odległość członków załogi/obsługi/ od elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego /parametr R/ jest pewną abstrakcyjną wielkością, którą nie można wyznaczyć na drodze czysto teoretycznej. Parametr ten zależy między innymi od wymiarów gabarytowych sprzętu, jego kształtu i rozmieszczenia w nim /przy nim/ ludzi. Jest tym mniejszy im większy jest stosunek ciężaru całkowitego sprzętu do iloczynu jego wymiarów gabarytowych, tj. im bardziej skupione są wszystkie elementy konstrukcyjne sprzętu wokół jego środka ciężkości. Ponadto dla każdego wozu bojowego o wymiarach $a \times b \times c$, przy $a < b < c$, zachodzi zależność $0,5 c < R < 0,5 a$.

Wartości parametru R mogą wahać się w granicach od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów. Wartości te /określone metodą szacunkową/ dla niektórych rodzajów sprzętu bojowego zestawiono w tabeli 42.

Za dopuszczalną moc dawki w przedziale bojowym /w pobliżu/ sprzętu /parametr P/ przyjmiemy $0,5 R/h$. Wartość tę można uznać dwoma sposobami. Po pierwsze - jest to wartość graniczna, powyżej której teren w rejonie wybuchu i na śladzie obłoku promieniotwórczego uważa się za skażony, po drugie - gdy założymy, że moc dawki $0,5 R/h$ panuje w przedziale bojowym czołgu czy trans-

portera opancerzonego po upływie jednej doby od momentu aktywacji, to po upływie 10-15 dni załoga pochłonie dawkę promieniowania bliską dopuszczalnej /około 50 R/.

Za ciężar właściwy źródła promieniowania /parametr d / przyjmijemy ciężar właściwy stali $7,8 \text{ G/cm}^3$. Wynika to stąd, że we wszystkich egzemplarzach sprzętu bojowego wojsk lądowych stal jest zasadniczym materiałem konstrukcyjnym i jej ciężar decyduje o ciężarze całego sprzętu oraz że aktywność stali w znacznym stopniu decyduje o aktywności całego źródła.

Współczynniki pochłaniania promieniowania wewnątrz materiałów konstrukcyjnych sprzętu bojowego /parametr k / zależą od grubości i kształtów elementów konstrukcyjnych. Dokładne określenie tych współczynników dla różnych rodzajów sprzętu jest skomplikowane. Można je jednak oszacować w następujący sposób.

Założmy, że całość substancji radioaktywnej zgromadzona zostanie na wewnętrznych ściankach przedziału bojowego sprzętu /np. czołgu czy transportera opancerzonego/. Wówczas ścianki nie będą pochłaniać promieniowania; współczynnik k będzie równy jedności. Gdyby natomiast substancję radioaktywną przenieść na ścianki zewnętrzne, to współczynnik k byłby równy współczynnikowi osłabienia promieniowania pochodzącego z zewnątrz / $k_{\text{osł}}$ /, który znany jest dla każdego rodzaju sprzętu bojowego /np.: dla czołgu - 10, transportera opancerzonego -4, samochodu-2/. Ponieważ substancja radioaktywna jest rozłożona w miarę równomiernie w całej objętości materiałów konstrukcyjnych, to współczynnik pochłaniania można przyjmować o połowę mniejszy niż $k_{\text{osł}}$. Dotyczy to oczywiście tylko tych rodzajów sprzętu bojowego, dla których dany jest współczynnik $k_{\text{osł}}$, tj załoga /ob-

sługa/ znajduje się wewnątrz /np.: czołgi, transportery opancerzone, bojowe wozy piechoty, samochody itd./ Dla broni strzeleckiej, dział artylerji ciągnionej i innych rodzajów sprzętu bojowego, gdzie obsługi znajdują się na zewnątrz /przy sprzęcie/ brak jest oczywiście $k_{osł}$. Dla tego rodzaju sprzętu możemy określić kierując się znajomością jego budowy, wyobraźnią i zdrowym rozsądkiem. Przykładowo elementy konstrukcyjne haubicy 152 mm mają mniejszą grubość niż czołgu lecz większą niż transportera opancerzonego, stąd $2 < k_{haubicy} < 5$, ok. 3. Podobnie ocenione współczynniki k innych rodzajów sprzętu zestawione są w tabeli 42.

Za ciężar całkowity radioaktywnych elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego /parametr G / można w uproszczeniu przyjmować ciężar ogólny danego sprzętu. Uproszczenie takie jest dopuszczalne, gdyż w większości przypadków udział wagowy metali w ciężarze ogólnym sprzętu bojowego sięga 95-100 %. Ciężary ogólne, interesujących nas rodzajów sprzętu bojowego podane są w tabeli 42.

Energia kwantów gamma /parametr E /, emitowanych przez ważniejsze składniki radioaktywne stali, zawiera się w granicach od 0,32 MeV /chrom/ do 2,98 MeV /mangan/ - tabela 40. Żelazo emituje kwanty gamma o energii 1,1 MeV /57 %/, 1,29 MeV /43 %/ i 0,191 MeV /3 %/. Średnia energia kwantów gamma całego źródła promieniowania wynosi około 1,3 MeV.

Współczynnik pochłaniania promieniowania gamma w powietrzu /parametr μ /, dla energii kwantów 1,3 MeV, wynosi $3,4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$.

Współczynnik A dla sprzętu, gdzie załoga /obsługa/ znajduje się wewnątrz wynosi około 4, na zewnątrz - nieco poniżej 4.

Z powyższego opisu parametrów, warunkujących dopuszczalną aktywność objętościową elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, zauważamy, że część z nich nie zależy od rodzaju sprzętu /ustaliliśmy konkretne ich wartości/. Parametry te możemy uznać za stałe i wstawić ich wartości do wzoru 49. Po podstawieniu otrzymujemy:

$$a_v = 3,5 \cdot 10^5 \frac{R^2 \cdot k}{G} \quad \dots 50$$

We wzorze 50 parametr R występuje w centymetrach, a G w gramach. W celu ułatwienia obliczeń możemy jednostki te zamienić odpowiednio na metry i tony. Wówczas otrzymamy:

$$a_v = 3,5 \cdot 10^3 \frac{R^2 \cdot k}{G} \quad \dots 51$$

- gdzie a_v - dopuszczalna aktywność objętościowa elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego, rozp. $\text{min}^{-1} \text{cm}^{-3}$;
- R - średnia odległość załogi /obsługi/ od elementów konstrukcyjnych sprzętu, m;
- k - współczynnik osłabienia promieniowania wewnątrz materiału źródła, wielkość bezwymiarowa;
- G - ciężar sprzętu, t.

Parametry R , k , G i dopuszczalne aktywności objętościowe niektórych rodzajów sprzętu bojowego, obliczone ze wzoru 51, zestawiono w tabeli 42.

Tabela 42

Dopuszczalna aktywność objętościowa niektórych
rodzajów sprzętu bojowego

Lp.	Rodzaj sprzętu bojowego	R, m	k	G, t	a_v , rozp.min. ⁻¹ cm ⁻³
1	Czołg T-55-A	1,5	5	38	$1,04 \cdot 10^3$
2	Czołg T-55 /U,A/	1,5	5	36,5	$1,08 \cdot 10^3$
3	ZUS-23-4	2	2	19	$1,47 \cdot 10^3$
4	BWP-765	2	2	13	$2,15 \cdot 10^3$
5	BRDM-2	2	2	7	$4 \cdot 10^3$
6	SKOT-2 AP	2	2	14,5	$1,93 \cdot 10^3$
7	m 120 mm wz. 43	1	3	0,27	$3,9 \cdot 10^4$
8	hb 122 mm samobież- na	2	5	15,7	$4,45 \cdot 10^3$
9	hb 120 mm wz. 38	3	3	2,5	$3,77 \cdot 10^4$
10	hb 152 mm wz. 43	3	3	3,6	$2,62 \cdot 10^4$

3.2.2.3. Strefy aktywacji sprzętu bojowego powyżej
dopuszczalnych norm w rejonie wybuchu
neutronowego

Pod pojęciem "strefa aktywacji danego rodzaju sprzętu bojowego powyżej dopuszczalnych norm" rozumie się obszar w rejonie wybuchu ładunku neutronowego, na którym aktywność wzbudzona neutronami w materiałach konstrukcyjnych tego sprzętu przekracza ustalone dla niego normy. Normy dopuszczalnej aktywności objętościowej niektórych rodzajów sprzętu bojowego zestawione zostały w tabeli 42.

Za podstawę do ustalenia stref aktywacji przyjmujemy aktywność objętościową stali pancernej o średniej zawartości domie-

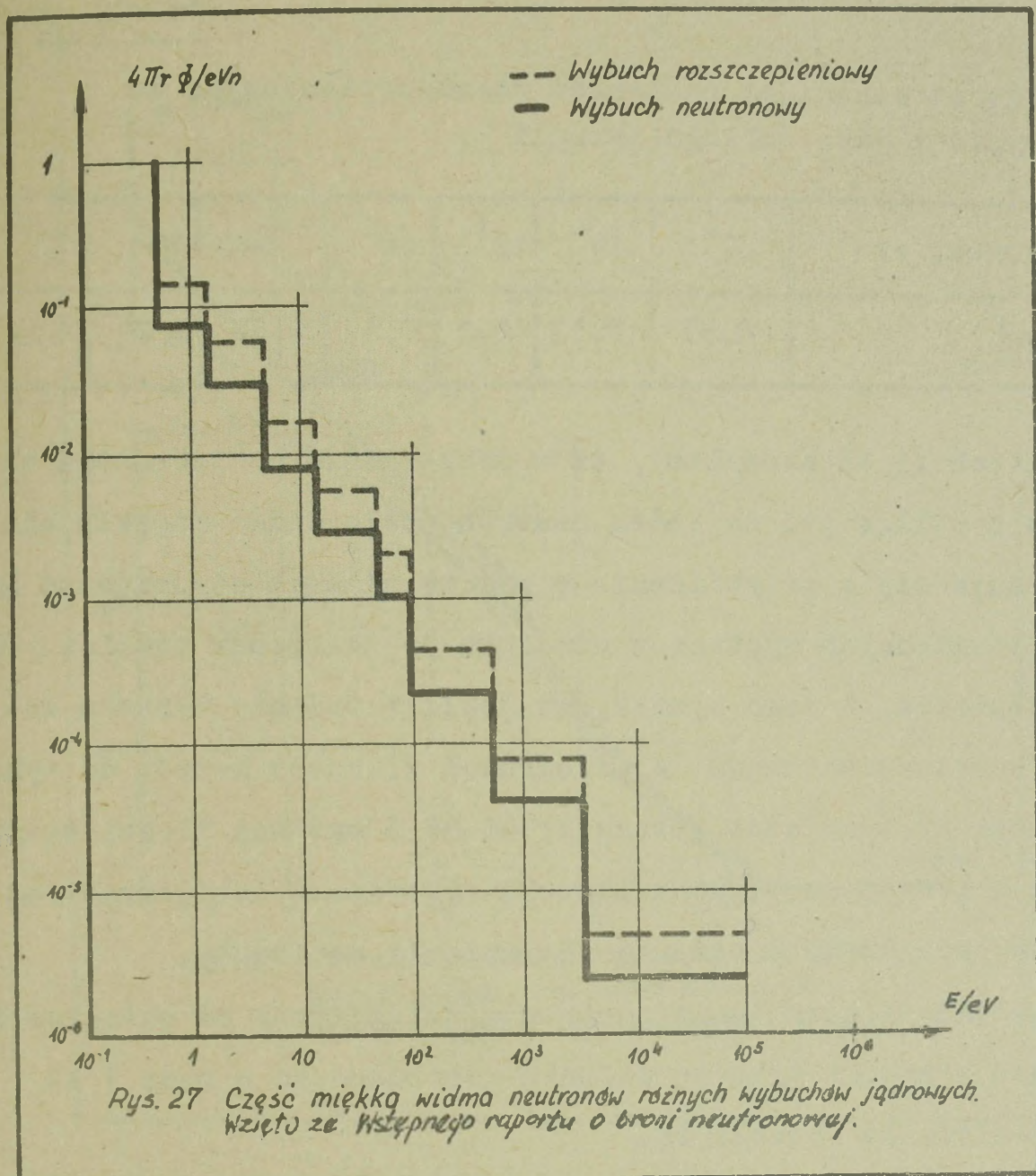
szek. Jest to uzasadnione dużym jej udziałem wagowym w elementach konstrukcyjnych sprzętu bojowego, a wariant drugi składu procentowego powinien zagwarantować największą uniwersalność otrzymanych wyników.

Strefy aktywacji sprzętu bojowego powyżej dopuszczalnych norm określimy poprzez wyznaczenie wartości strumieni neutronów termicznych, wywołujących graniczną dopuszczalną aktywność objętościową sprzętu bojowego, i odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego, na których można się spodziewać danych wartości strumieni neutronów termicznych.

W pierwszej kolejności należy ustalić udział procentowy neutronów termicznych w ogólnym strumieniu neutronów pochodzących z reakcji syntezy. Zadanie to jest stosunkowo trudne, gdyż poza zmiennością widma neutronów w funkcji odległości od wybuchu /pkt. 3r.1/ ilość neutronów termicznych w strumieniu ogólnym zależy w dużej mierze od warunków wybuchu, takich jak: wysokość wybuchu, rodzaj podłoża, wilgotność podłoża i powietrza oraz ciśnienie powietrza. Największy wpływ na rozkład energetyczny strumienia neutronów ma wilgotność środowiska propagacji promieniowania. Ilość neutronów termicznych w strumieniu ogólnym w przypadku wybuchu neutronowego podczas deszczu może być do kilkudziesięciu procent większa niż przy pogodzie suchej.

Do obliczeń przyjmujemy warunki średniej wilgotności powietrza.

Udział neutronów termicznych w ogólnym strumieniu neutronów syntezy ocenimy na podstawie porównania miękkich części widm energetycznych neutronów rozszczepienia i syntezy /rys. 27/.



Na podstawie wykresów, przedstawionych na rysunku 27, sporządzona została tabela porównawcza strumieni neutronów rozszczepieniowych i syntezy /tabels 43/. Podano w niej zależność ilorazu strumieni neutronów termicznych syntezy do rozszczepieniowych od ich energii.

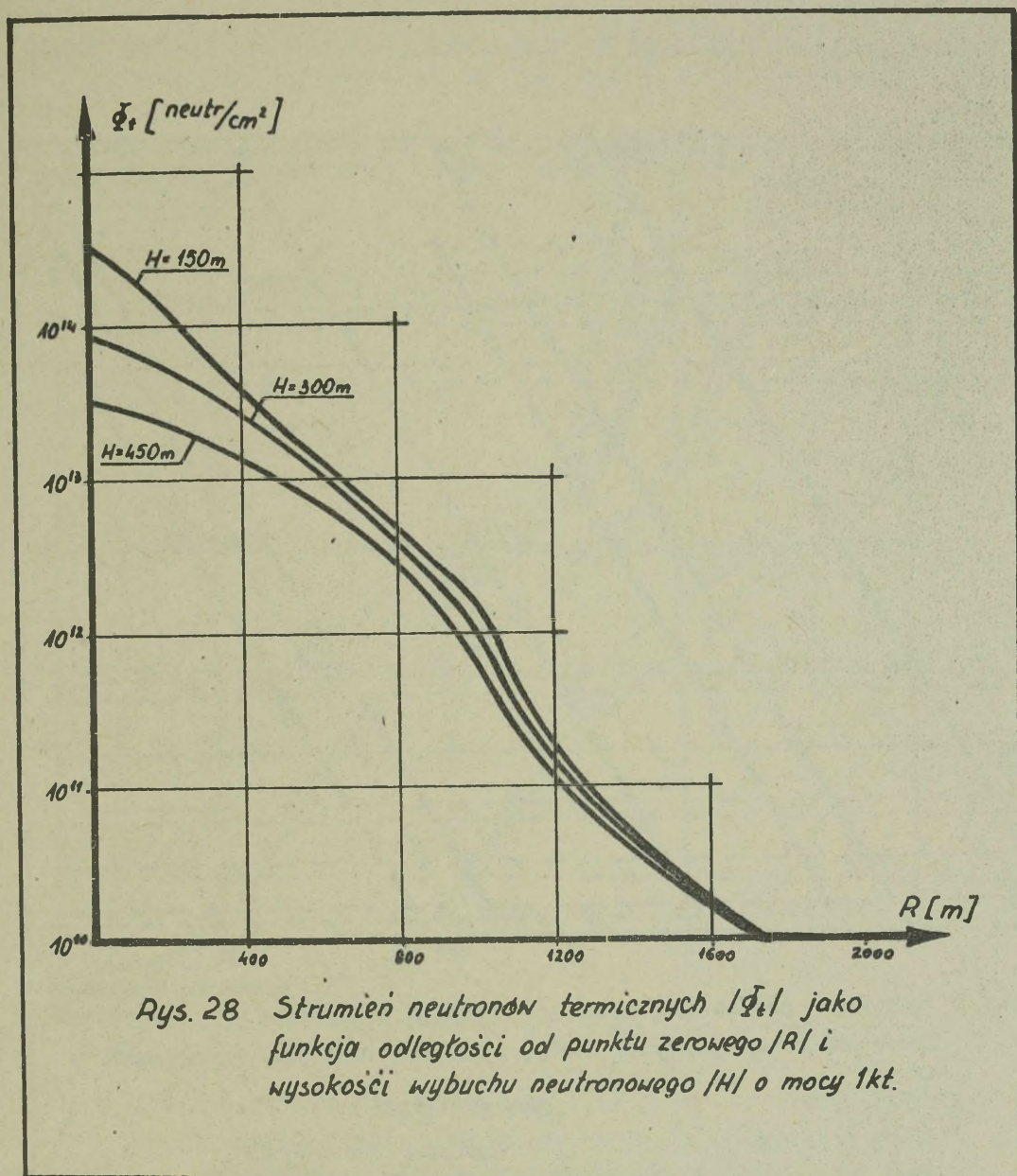
Iloraz strumieni neutronów rozszczepieniowych do syntezy jako funkcja energii

Energia, eV	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5
Φ_s / Φ_T	0,55	0,53	0,5	0,5	0,56	0,54	0,54

Z tabeli 43 zauważamy, że w odniesieniu do jednostki energii i w przeliczeniu na jeden neutron, całe widmo miękkie charakteryzuje się w przybliżeniu o połowę niższym strumieniem neutronów termicznych syntezy w stosunku do neutronów termicznych rozszczepienia. Z tego wynika, że jeśli w rejonie wybuchu ładunku rozszczepieniowego w odległości kilkuset metrów od wybuchu neutrony termiczne stanowiły 60-80 % ogólnej ilości neutronów, to w przypadku wybuchu ładunku syntezy na neutrony termiczne przypada 30-40 % ogólnego strumienia neutronów.

Zależność strumienia neutronów termicznych od odległości od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt przedstawiono na rysunku 28.

Wykres /rys.28/ sporządzony został na podstawie rysunku 9, przy założeniu, że strumień neutronów termicznych jest równy jednej trzeciej strumienia ogólnego. Założenie to jest słuszne dla odległości od wybuchu około 500 m, a dalej i bliżej mogą być znaczne odchylenia od tych ustaleń, jednak dla naszych celów przyjęcie pewnych uproszczeń w stosunku do sytuacji realnej jest w pełni dopuszczalne.

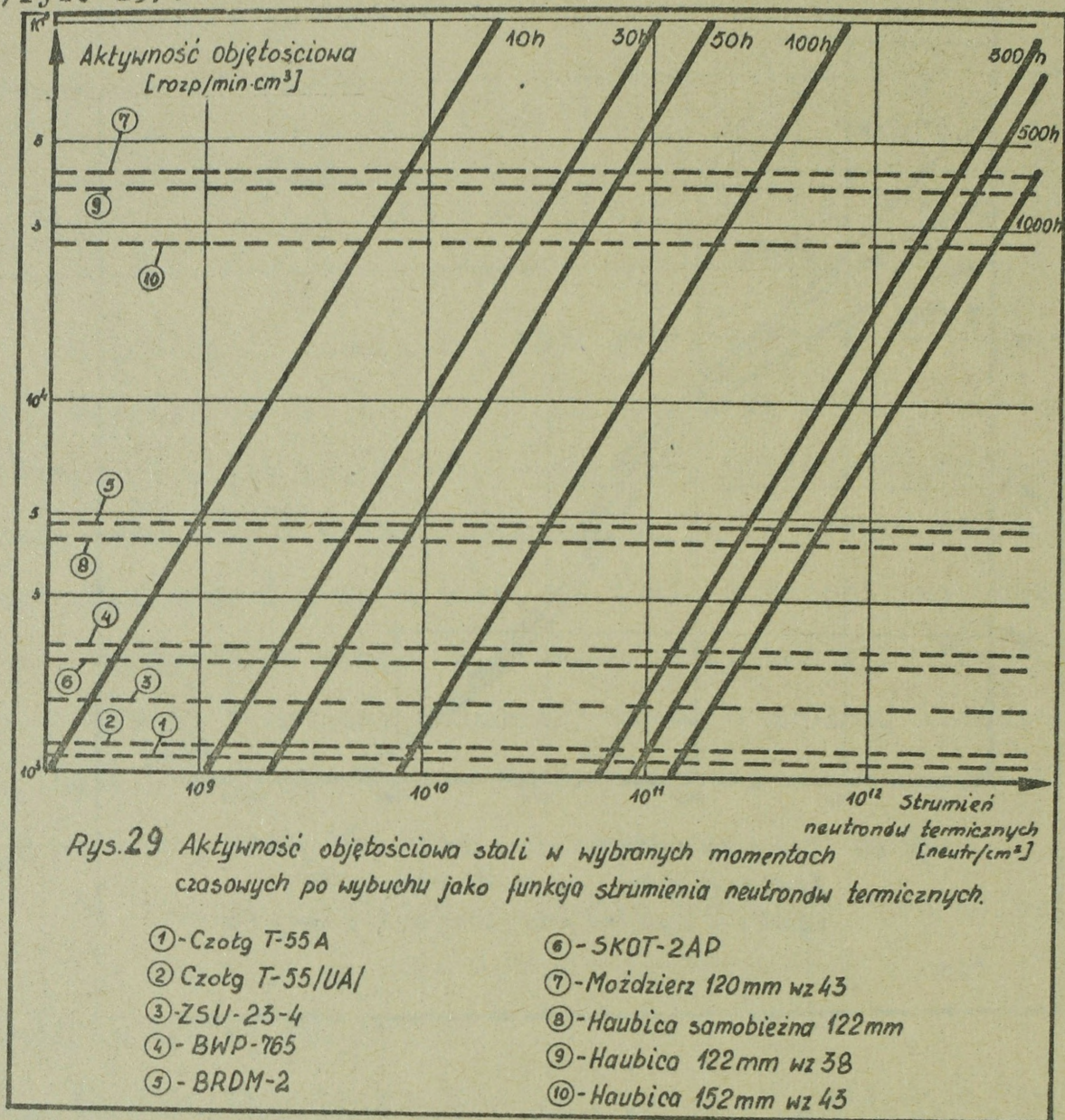


Rys. 28 Strumień neutronów termicznych $|\Phi_t|$ jako funkcja odległości od punktu zerowego $|R|$ i wysokości wybuchu neutronowego $|H|$ o mocy 1kt.

Mimo, że wykres dotyczy mocy 1 kt, może być również stosowany do określenia strumienia neutronów termicznych w rejonach wybuchów neutronowych i innych mocach. W tym celu należy wartości odczytane z wykresu pomnożyć przez moc wybuchu, wyrażoną w kilotonach.

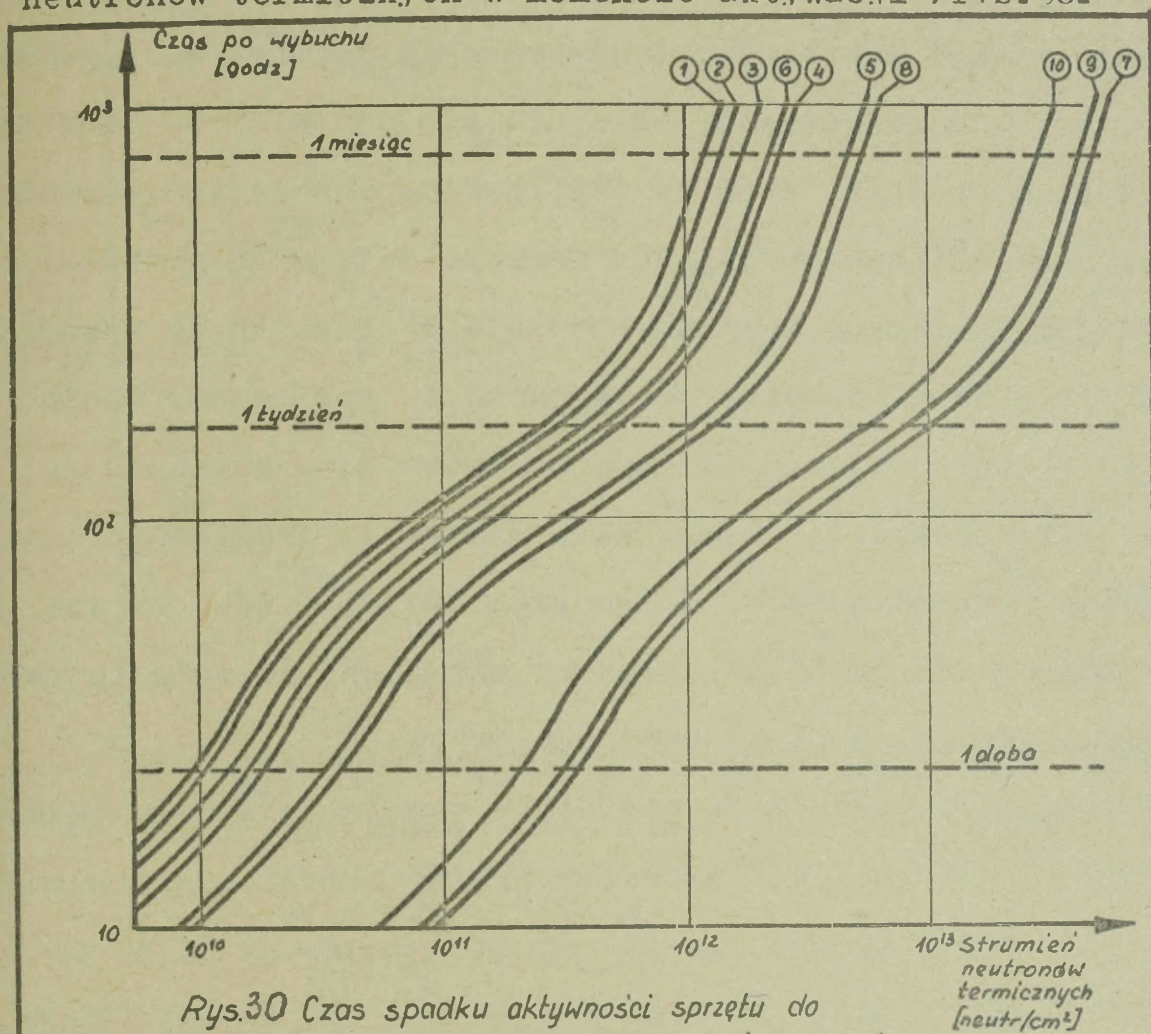
W celu powiązania dopuszczalnej aktywności objętościowej różnych rodzajów sprzętu bojowego ze strumieniem neutronów termicznych, na wykres aktywności objętościowej stali w funkcji

strumienia neutronów termicznych /przy $t = \text{const}$ / naniesione zostały wartości dopuszczalnej aktywności objętościowej tego sprzętu /rys. 29/.



W punktach przecięcia się prostych dopuszczalnej aktywności objętościowej poszczególnych rodzajów sprzętu bojowego /proste poziome przerywane/ z prostymi aktywności objętościowej stali w wybranych chwilach czasowych po wybuchu /proste skośne/ odczytujemy czas spadku aktywności do dopuszczalnych norm jako funkcję strumienia neutronów termicznych, aktywujących dany sprzęt w momencie wybuchu ładunku neutronowego. Na podstawie tych odczytów możemy sporządzić wykresy czasu

niezbędnego do obniżenia aktywności poszczególnych rodzajów sprzętu bojowego do dopuszczalnych norm jako funkcji strumienia neutronów termicznych w momencie aktywacji /rys.30/



Rys.30 Czas spadku aktywności sprzętu do dopuszczalnych norm jako funkcja strumienia neutronów termicznych w momencie aktywacji.

- | | |
|------------------|----------------------------|
| ① Czołg T-55 | ⑥ SKOT-2A |
| ② Czołg T-55/UA/ | ⑦ Moździerz 120mm wz 43 |
| ③ ZSU-23-4 | ⑧ Haubica samobieżna 122mm |
| ④ BWP-765 | ⑨ Haubica 122mm wz 38 |
| ⑤ BRDM-2 | ⑩ Haubica 152mm wz 43 |

Porównując strumień neutronów, wywołujący aktywność objętościową sprzętu bojowego równą aktywności dopuszczalnej /rys.30/, z wykresem zależności strumienia neutronów termicznych od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu neutronowego /rys.28/ możemy sporządzić wykresy czasu niezbędnego do obniżenia aktywności poszczególnych rodzajów sprzętu bojowego do dopuszczalnych norm jako funkcji odległości tego sprzętu

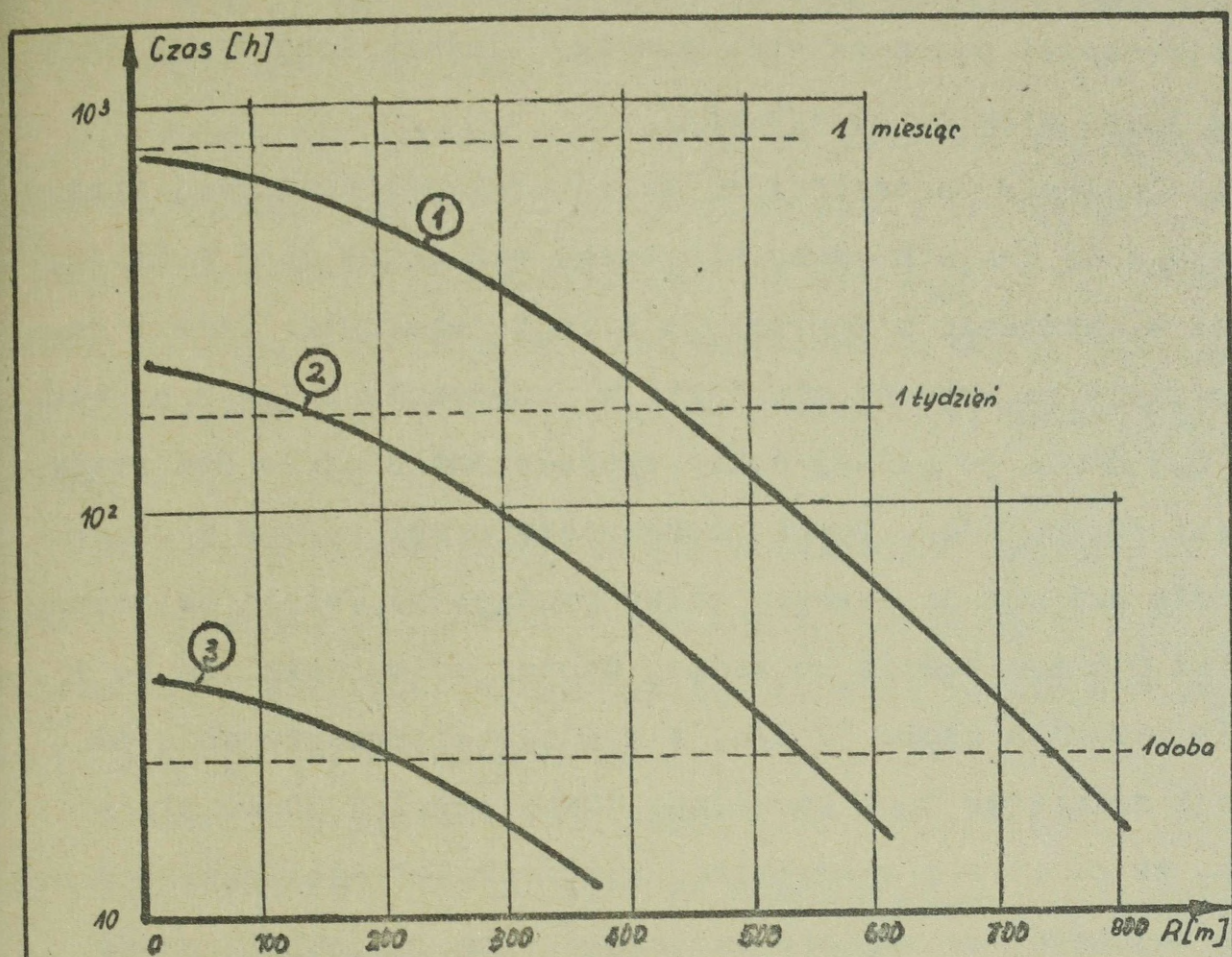
od punktu zerowego wybuchu.

W trakcie tego porównywania należy uwzględnić osłabienie wiązki neutronów wewnątrz aktywowanego materiału. Zjawisko osłabienia wiązki neutronów, docierających do wnętrza elementów konstrukcyjnych sprzętu, znacznie zmniejsza ilość powstających w nich izotopów promieniotwórczych. Pochłanianie neutronów w elementach konstrukcyjnych sprzętu zależy od grubości elementów i ich kształtów oraz usytuowania w stosunku do wybuchu.

Określenie na drodze teoretycznej wpływu na aktywację kształtów sprzętu bojowego i jego usytuowania w stosunku do wybuchu jest w zasadzie niemożliwe. Wymaga to przeprowadzenia odpowiednich eksperymentów. Można więc tylko, i to w bardzo uproszczony sposób, określić wpływ na aktywność sprzętu bojowego grubości jego elementów konstrukcyjnych.

Zależność pochłaniania neutronów w materiale osłonowym od jego grubości opisana jest współczynnikiem osłabienia neutronów k_n /rys. 15/. Współczynnik ten dla stali o grubości od 10 do 50 cm wynosi odpowiednio od 2 do 20. Dotyczy to jednak całego widma energetycznego neutronów. Osłabienie neutronów termicznych jest dużo większe i w zasadzie tylko znikoma ich część przenika do wnętrza materiału. Przyjmuje się, że średni strumień neutronów termicznych wewnątrz elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego wynosi 10^{-2} - 10^{-3} część strumienia początkowego. Założenia te uwzględniają również proces spowolnienia neutronów prędkich.

W oparciu o powyższe założenia sporządzono wykresy czasu obniżenia aktywności objętościowej sprzętu bojowego do dopuszczalnych norm w funkcji odległości tego sprzętu od wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt /rys. 31/.



Rys. 31 Czas spadku aktywności objętościowej sprzętu bojowego do dopuszczalnych norm jako funkcja jego odległości od wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

- ① Czołgi, ZSU-23-4, BWP-765, SKOT-2AP
- ② BRDM-2, Haubica 122 mm samobieżna
- ③ Moździerz 120 mm, Hb 122 mm wz 38, Hb 152 mm wz 43.

Na podstawie wykresów przedstawionych na rysunku 31 możemy wyznaczyć strefy utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego ze względu na niebezpieczną aktywność. Granicą strefy utraty właściwości użytkowych danego rodzaju sprzętu bojowego nazwiemy odległość od punktu zerowego wybuchu, na jakiej aktywność objętościowa tego sprzętu osiąga wartość przyjętą za dopuszczalną w założonym czasie po wybuchu.

Do obliczeń praktycznych przyjmujemy kilka stref utraty właściwości użytkowych sprzętu, co pozwoli podzielić radioaktywny sprzęt na kilka grup.

Z punktu widzenia użytkowania sprzętu w działaniach bojowych interesować nas może czas powyżej jednej doby i nie dłuższy niż jeden miesiąc po wybuchu.

Odniesienie dopuszczalnej aktywności objętościowej sprzętu bojowego do momentu czasu krótszego niż jedna doba może dać fałszywe wyobrażenie o zagrożeniu załogi /obsługi/. Jeżeli np. po 1 godzinie po wybuchu moc dawki w przedziale bojowym czołgu wynosi $0,5 \text{ R/h}$ to po jednej dobie spadnie ona o około dwa rzędy wielkości / $0,005 \text{ R/h}$ /. Dawka pochłonięta przez załogę w ciągu kilkunastu dni nie przekroczy kilku rentgenów. Jeżeli natomiast moc dawki $0,5 \text{ R/h}$ będzie po jednej dobie, to oznacza, że po 1 godzinie wynosiła około 50 R/h , a w ciągu kilkunastu dni od aktywacji żołnierze mogą pochłonąć dawkę powyżej 50 R . Stąd wniosek, że na strefę maksymalną utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego, ze względu na jego aktywację, należy uznać obszar w rejonie wybuchu ograniczony odległością od punktu zerowego r_d , na której aktywność objętościowa sprzętu przekracza dopuszczalną normę po jednej dobie po wybuchu. Poza granicą tej strefy - w odległości od punktu zerowego $r \geq r_d$ - sprzęt możemy uznać za zdatny do użytku.

Obszar ograniczony odległością od punktu zerowego wybuchu r_d podzielimy umownie na trzy strefy. W tym celu wyróżnimy dodatkowo odległości r_t i r_m , gdzie r_t jest taką odległością od punktu zerowego wybuchu, na której radioaktywność sprzętu spada poniżej dopuszczalnej normy po 1 tygodniu, a r_m - po jednym miesiącu. Otrzymamy następujące strefy /obszary w terenie/:

1. Strefę trwałej utraty właściwości użytkowej sprzętu bojowego, tj. obszar znajdujący się w odległości równej i mniejszej r_m od punktu zerowego / $r \leq r_m$ /. Niebezpieczna aktywność

sprzętu znajdującego się w tej strefie będzie utrzymywać się od 1 miesiąca do kilku lat.

2. Strefa dwutygodniowej utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego, tj. obszar znajdujący się w odległości r od punktu zerowego spełniającej nierówność: $r_m > r \geq r_t$. Niebezpieczna aktywność sprzętu znajdującego się w tej strefie będzie utrzymywać się od 1 tygodnia do 1 miesiąca; średnio 2 tygodnie.

3. Strefa kilkudniowej utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego, tj. obszar określony z nierówności: $r_t > r \geq r_d$. Niebezpieczna aktywność sprzętu w tej strefie będzie utrzymywać się od 1 do 7 dni; średnio 4 dni.

Promienie poszczególnych stref utraty właściwości użytkowych niektórych rodzajów sprzętu bojowego, dla wysokości wybuchu 150 m, zestawiono w tabeli 44.

Tabela 44

Orientacyjne maksymalne promienie strefy utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego ze względu na aktywację w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaj sprzętu	Promień strefy ^{x/} w metrach		
	r_m	r_t	r_d
Czołgi, ZSU-23-4, BWP-765, SKOT-2 AP	0	450	750
BRDM-2, hb 122 mm samobieżna	-	150	550
Moździerze 120 mm, hb 122 mm wz.38, hb 152 mm wz. 43	-	-	200

x/ Obniżenie aktywności sprzętu poniżej dopuszczalnych norm w czasie po wybuchu: r_m - 1 miesiąca; r_t - 1 tygodnia; r_d - 1 doby.

4. Działanie wybuchu neutronowego na urządzenia ----- inżynieryjne -----

Urządzenia fortyfikacyjne, środki przeprawowe i mosty, zapory drutowe oraz miny ulegają różnym uszkodzeniom i zniszczeniu głównie na skutek działania powietrznej fali uderzeniowej. Niektóre elementy urządzeń inżynieryjnych, wykonane z drewna i innych łatwopalnych przedmiotów mogą wprawdzie zapalić się w wyniku działania promieniowania cieplnego, jednak za podstawę do określenia stref uszkodzeń /zniszczeń/ przyjmuje się impuls nadciśnienia fali uderzeniowej.

W zależności od impulsu nadciśnienia fali uderzeniowej rozróżnia się trzy stopnie zniszczeń i uszkodzeń urządzeń fortyfikacyjnych:

- zniszczenie całkowite - urządzenie nieprzydatne do wykorzystania i odbudowa jego jest niemożliwa /obsuwają się ścianki, zawalają przykrycia, wykopy zostają zasypane ziemią/;

- zniszczenie średnie - urządzenie może być wykorzystane po jego odbudowie /częściowe obsunięcie ścianek, zniekształcenie i przemieszczenie elementów konstrukcyjnych, częściowe zasypianie wykopów ziemią/;

- zniszczenie lekkie - urządzenie może być wykorzystane po przeprowadzeniu jego naprawy /nieznaczne obsunięcie ścianek, częściowe przemieszczenie i pęknięcie elementów konstrukcyjnych/.

W procesie oceny właściwości użytkowych urządzeń fortyfikacyjnych promień strefy utraty właściwości użytkowych określa się zniszczeniami średnimi.

Impulsy nadciśnienia fali uderzeniowej powodujące zniszczenie średnie niektórych urządzeń fortyfikacyjnych w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego małej mocy przedstawiono w tabeli 45.

Tabela 45

Nadciśnienie fali uderzeniowej w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt. powodujące utratę właściwości użytkowych urządzeń fortyfikacyjnych

Rodzaj urządzeń fortyfikacyjnych	ΔP_f , kg/cm ²
1. Transzeje /odkryte szczeliny, nie odziane o profilu podstawowym	0,65
2. Transzeje /odkryte szczeliny/ o pełnym profilu, odziane	1,2
3. Przykryte szczeliny	0,8
4. Schrony przedpiersiowe	1,2
5. Schrony typu lekkiego	2,5
6. Schrony typu ciężkiego	7,5
7. Drewniano-zimne punkty obserwacyjne i stanowiska ogniowe	1,2

Zniszczenia środków przeprowadowych i mostów dzieli się następująco:

- zniszczenie całkowite - odbudowa niemożliwa /zniszczenie wszystkich elementów i detali/;
- zniszczenie średnie - odbudowa możliwa jest podczas remontu średniego, z wykorzystaniem części nie zniszczonych elementów /zniszczenie części elementów, głównie drugorzędnych/;
- zniszczenie lekkie - środki nadają się do eksploatacji po przeprowadzeniu remontu bieżącego /uszkodzone są najsłabsze elementy, których wymiana lub naprawa jest stosunkowo łatwa/.

Za promień strefy utraty właściwości użytkowych środków przeprowy i mostów przyjmuje się promień zniszczeń średnich. Impulsy nadciśnienia fali uderzeniowej odpowiadające zniszczeniom średnim zestawione są w tabeli 46.

Tabela 46

Nadciśnienie fali uderzeniowej w rejonie wybuchu neutronowego powodujące utratę właściwości użytkowych środków przeprowy i mostów

Rodzaj urządzenia	ΔP_f , kG/cm ²
1. Mosty nawodne z parku pontonowego	1,2
2. Mosty drewniane niskowodne na podporach z pali	1,3
3. Mosty drewniane niskowodne na podporach ramowych i samochodowe mosty towarzyszące	0,5
4. Mosty czołgowe	1,2
5. Mosty podwodne	5

Zniszczenia zapór drutowych dzieli się następująco:

- zniszczenie całkowite - zniszczenie całej zapory i porzucanie jej poszczególnych elementów /wyrwanie kołków, porwanie i poskręcanie drutu kolczastego/;

- zniszczenie średnie - zniszczenie zapory na oddzielnych odcinkach, powodujące utworzenie się przejść ;

- zniszczenie lekkie - częściowe pozrywanie drutu bez utworzenia się przejść.

Impulsy nadciśnienia fali uderzeniowej, powodujące zniszczenia średnie zapór drutowych zestawiono w tabeli 47.

Tabela 47

Nadciśnienie fali uderzeniowej wybuchu neutronowego powodujące utratę właściwości użytkowych zapór drutowych

Rodzaje zapór	$\Delta p_f,$ kg/cm ²
Przenośne zapory drutowe i zapory na wysokich kołkach	0,3
Zapory drutowe na niskich kołkach	0,8

Promień strefy utraty właściwości użytkowych pól minowych określa się odległością od punktu zerowego wybuchu jądrowego /neutronowego/, na której następuje zadziaływanie /wybuch/ min.

Impulsy nadciśnienia fali uderzeniowej powodujące zniszczenie pól minowych przedstawiono w tabeli 48.

Tabela 48

Nadciśnienie fali uderzeniowej wybuchu neutronowego powodujące utratę właściwości użytkowych min.

Rodzaje min	$\Delta p_f,$ kg/cm ²
1. Miny przeciwczołgowe odporne na wybuchy	10
2. Miny przeciwczołgowe nieodporne na wybuchy	1,5
3. Miny przeciwpiechotne PMN	4
4. Miny przeciwpiechotne PMD-6	0,9
5. Miny przeciwpiechotne POMZ-2	0,25

Drogą porównania danych zawartych w tabelach 45-48 z wykresami zależności nadciśnienia czoła fali uderzeniowej wybuchu neutronowego od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu /rys.4/ otrzymano promienie stref utraty właściwości użytkowych urządzeń fortyfikacyjnych, środków przeprawowych i mostów, zapór drutowych oraz min /tabela 49/.

Tabela 49

Promienie stref utraty właściwości użytkowych urządzeń inżynierskich /m/ w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaje urządzeń inżynierskich	Wysokość wybuchu, m		
	150	300	450
A. Urządzenia fortyfikacyjne			
1. Transzeje /odkryte szczeliny/ nie odziane o profilu podstawowym	320	150	-
2. Transzeje /odkryte szczeliny/ odziane o profilu pełnym	200	-	-
3. Przykryte szczeliny	270	-	-
4. Schrony przedpiersiowe	200	-	-
5. Schrony typu lekkiego	90	-	-
6. Schrony typu ciężkiego	-	-	-
7. Drewniano-ziemne punkty obserwacyjne i stanowiska ogniowe	200	-	-
B. Środki przeprawowe i mosty			
1. Mosty nawodne z parku pontonowego	200	-	-
2. Mosty drewniane niskowodne na podporach z pali	180	-	-
3. Mosty drewniane niskowodne na podporach i samochodowe mosty łowarzyszące	380	260	-
4. Mosty czołgowe	200	-	-

1	2	3	4
5. Mosty podwodne	-	-	-
C. <u>Zapory drutowe</u>			
1. Przenośne zapory drutowe i zapory na wysokich kołkach	530	450	260
2. Zapory drutowe na niskich kołkach	270	-	-
D. <u>Miny</u>			
1. Miny przeciwczołgowe odporne na wybuchy	-	-	-
2. Miny przeciwczołgowe nieodporne na wybuchy	160	-	-
3. Miny przeciwpiechotne PMN	-	-	-
4. Miny przeciwpiechotne PMD-6	200	-	-
5. Miny przeciwpiechotne POMZ-2	610	600	390

5. Działanie wybuchu neutronowego na obiekty administracyjno-przemysłowe

Budynki mieszkalne i obiekty przemysłowe obliczone są głównie na obciążenie pionowe i są mało odporne na działanie sił poziomych fali uderzeniowej. Największą odporność na działanie fali uderzeniowej wykazują obiekty podziemnej sieci komunalnej, drogi i niektóre urządzenia drogowe.

Rozróżnia się pięć stopni zniszczeń obiektów administracyjno-przemysłowych:

- zniszczenie całkowite - wykorzystanie obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem jest niemożliwe, a odbudowa nieopłacalna;
- zniszczenie silne - w przypadku budynków - zawalenie się części ścian i stropów górnych kondygnacji, zachowanie nie-naruszonych piwnic, których wykorzystanie możliwe jest po oczyszczeniu wejść;

- zniszczenie średnie - obiekt nadaje się do częściowego wykorzystania i odbudowy;

- zniszczenie lekkie - obiekt wymaga remontu lecz nadaje się do wykorzystania;

- uszkodzenie - obiekt wymaga naprawy bieżącej. W przypadku budynku - zniszczenie oszklenia, częściowe odpadnięcie tynku, uszkodzenie okien, części dachu i ścianek działowych.

Za promień strefy utraty właściwości użytkowej większości obiektów administracyjno-przemysłowych przyjmuje się promień zniszczeń średnich. Tylko w przypadkach budynków przemysłowych o ciężkiej metalowej lub żelbetowej konstrukcji - promień zniszczeń silnych.

Impulsy nadciśnienia fali uderzeniowej, powodujące utratę właściwości użytkowych obiektów administracyjno-przemysłowych w rejonie wybuchu neutronowego zestawiono w tabeli 50.

Tabela 50

Nadciśnienie fali uderzeniowej wybuchu neutronowego, powodujące utratę właściwości użytkowych obiektów administracyjno-przemysłowych

Rodzaje obiektów	ΔP_F kg/cm ²
1	2
1. Budynki murowane wielopiętrowe	0,15
2. Budynki murowane kilkupiętrowe	0,2
3. Domy drewniane	0,1
4. Budynki przemysłowe o lekkiej konstrukcji stalowej oraz bez uzbrojenia	0,3
5. Budynki przemysłowe o ciężkiej konstrukcji stalowej i żelbetowej	0,5
6. Budynki z żelbetonu i betonu	1
7. Sieć gospodarki komunalnej /wodociągi, kanalizacje, przewody gazowe/	10

1	2
8. Linie wysokiego napięcia	0,6
9. Tory kolejowe	4
10. Drogi o nawierzchni z tłucznia	5
11. Drogi asfaltowe	15
12. Przepusty drewniane	1,5
13. Przepusty żelbetowe	4
14. Mosty stalowe o długości 45-100 m	1
15. Mosty żelbetowe, Estakady	1,2

Po porównaniu danych, zawartych w tabeli 50, z wykresami zależności nadciśnienia fali uderzeniowej od odległości od punktu zerowego i wysokości wybuchu neutronowego /rys. 4/ otrzymano promienie stref utraty właściwości użytkowych obiektów administracyjno-przemysłowych /tabela 51/. W tabeli tej pominięto część obiektów administracyjno-przemysłowych zamieszczonych uprzednio w tabeli 50, co oznacza, że obiekty te nie tracą walorów użytkowych w rejonie uderzenia neutronowego o mocy 1 kt, wykonanego na wysokości 150 m i większej.

Tabela 51

Promienie stref utraty właściwości użytkowych /m/ obiektów administracyjno-przemysłowych w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaje obiektów	Wysokość wybuchu, m		
	150	300	450
1	2	3	4
Budynki murowane wielopiętrowe	850	900	800
Budynki murowane kilkupiętrowe	720	870	500
Domy drewniane	1100	1200	1200
Budynki przemysłowe o lekkiej konstrukcji stalowej bez uzbrojenia	530	450	260

1	2	3	4
Budynki przemysłowe o ciężkiej konstrukcji stalowej i żelbetowej	420	260	-
Budynki z żelbetonu i betonu	220	-	-
Linie wysokiego napięcia	350	200	-
Przepusty drewniane	160	-	-
Mosty stalowe o długości 45-100 m	220	-	-
Mosty żelbetowe. Estakady	200	-	-

6. Działanie wybuchu neutronowego na roślinność

W rejonie wybuchu neutronowego może nastąpić zniszczenie roślinności na skutek działania fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego.

Zniszczenia w lasach, w zależności od impulsu nadciśnienia czoła fali uderzeniowej, charakteryzuje się trzema strefami:

- strefą całkowitego zniszczenia lasu, przy nadciśnieniu przekraczającym $0,5 \text{ kG/cm}^2$;
- strefą zawał przestrzennych, przy nadciśnieniu w granicach $0,3-0,5 \text{ kG/cm}^2$;
- strefą zawał częściowych, przy nadciśnieniu w granicach $0,1-0,3 \text{ kG/cm}^2$.

W strefie całkowitego zniszczenia lasu następuje wyrwanie drzew z korzeniami, połamanie oraz rozrzucenie pni i konarów. W pobliżu punktu zerowego pnie mogą pozostać nie połamane lecz będą pozbawione gałęzi i opalone. W pobliżu granicy zewnętrznej strefy następują zawały przestrzenne.

W strefie zawał przestrzennych następuje zniszczenie około 60 % drzew i teren jest zupełnie nieprzejezdny.

W strefie zawał częściowych następuje zniszczenie około 30 % drzew, głównie połamanie gałęzi. Teren przydatny jest w większości do ruchu kolumn.

Rozmiary stref zniszczeń w lasach i odpowiadające im nadciśnienia fali uderzeniowej w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt przedstawiono w tabeli 52.

Tabela 52

Promienie stref zniszczeń w lasach w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaj strefy zniszczeń	$\Delta p_f,$ kg/cm ²	Wysokość wybuchu, m		
		150	300	450
Zniszczenia całkowite	0,5	400	260	-
Zawały przestrzenne	0,3	550	450	240
Zawały częściowe/pojedyncze/	0,1	1100	1200	1200

Požary lasów i suchej roślinności w rejonie wybuchu neutronowego /traw, zbóż i innych upraw/ mogą nastąpić tylko latem przy suchej pogodzie. Przyczyną pożarów jest impuls promieniowania cieplnego.

Ze względu na charakter pożaru /obszar i intensywność palenia się bezpośrednio po wybuchu/ rozróżnia się pożary przestrzenne i punktowe. Wielkości stref pożarów przestrzennych i punktowych zależne są m.in. od mocy wybuchu, przejrzystości powietrza, podatności drzew na zapalenie się /rodzaju lasu/ i ich wilgotności. Odległości od punktu zerowego wybuchu, na których następuje zapalenie się różnych przedmiotów /promienie stref pożarów/ uwarunkowane są impulsem cieplnym od 3 do 12 cal/cm². Przyjmuje się, że pożary przestrzenne lasu następują przy im-

pulsie 12 cal/cm², pojedyncze - przy 5 cal/cm², a suchej roślinności 7 cal/cm².

Promienie stref pożarów lasów i suchej roślinności, oraz odpowiadające im impulsy promieniowania cieplnego, zestawiono w tabeli 53.

Tabela 53

Promienie stref pożarów lasów i suchej roślinności w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt

Rodzaj strefy pożarów	Impuls cieplny, cal/cm ²	Wysokość wybuchu, m		
		150	300	450
Pożary przestrzenne w lasach	12	400	300	-
Pożary pojedyncze w lasach	5	620	550	450
Pożary suchej roślinności	7	530	450	300

7. Wnioski.

- A. W zakresie działania wybuchu neutronowego na ludzi.
1. Działanie rażące na ludzi fali uderzeniowej wybuchu neutronowego może przejawiać się w odległościach do 350 m od punktu zerowego wybuchu. Są to odległości, na których dawka promieniowania przenikliwego wielokrotnie przekracza dawkę powodującą natychmiastową śmierć.
 2. Działanie rażące promieniowania ciepłego wybuchu neutronowego na ludzi poza ukryciami może przejawiać się w odległości do 470 m od punktu zerowego wybuchu. Na odległościach tych dawka promieniowania przenikliwego również powoduje natychmiastową śmierć.
 3. W rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, natychmiastowa utrata zdolności bojowej ludzi nie ukrytych w wyniku działania promieniowania przenikliwego następuje w strefie o promieniu około 940 m. Straty późne - po 1 godzinie, po 1 dobie i po 1-2 tygodniach następują odpowiednio w strefach o promieniu: 1380, 1520 i 1560 m. Zwiększenie wysokości wybuchu w niewielkim stopniu wpływa na skrócenie stref oddziaływania promieniowania przenikliwego. W przypadku rozmieszczenia ludzi w różnego rodzaju ukryciach polowych następuje również nieznaczne skrócenie stref porażenia /od kilku do kilkunastu procent/. Znaczne ich skrócenie następuje jedynie w przypadku rozmieszczenia ludzi w schronach /np. w schronach przedpiersiowych 2-4 krotne/.
 4. W rejonie wybuchu neutronowego zasadniczym czynnikiem rażenia ludzi, zarówno nie ukrytych jak też chronionych sprzętem

bojowym i urządzeniami fortyfikacyjnymi, jest promieniowanie przenikliwe. Strefy porażen promieniowaniem przenikliwym są zarazem strefami porażen ludzi łącznym działaniem czynników rażenia broni neutronowej.

B. W zakresie działania wybuchu neutronowego na sprzęt bojowy i uzbrojenie.

1. Zasadniczą przyczyną zniszczeń i uszkodzeń sprzętu bojowego w rejonie wybuchu neutronowego jest, podobnie jak przy wybuchu rozszczepieniowym, działanie fali uderzeniowej. W przypadku wybuchu neutronowego o mocy 1 kt na wysokości 150 m większość sprzętu bojowego traci właściwości użytkowe w strefie o promieniu 200-500 m. W miarę zwiększenia wysokości wybuchu następuje znaczne skrócenie strefy oddziaływania fali uderzeniowej. W rejonie wybuchu na wysokości 450 m znaczna część sprzętu bojowego nie ulega zniszczeniu w ogóle /np.: czołgi, transportery opancerzone i działa/.
2. Na sprzęt radioelektroniczny istotny wpływ wywiera promieniowanie przenikliwe. Sprzęt ten może utracić właściwości użytkowe w wyniku oddziaływania promieniowania przenikliwego w odległości ponad 400 m od punktu zerowego wybuchu.

3. Sprzęt bojowy może utracić właściwości użytkowe także w wyniku aktywacji neutronami jego stalowych elementów konstrukcyjnych. Dotyczy to przede wszystkim sprzętu ciężkiego - czołgów, BWP, transporterów opancerzonych i dział artyleryjskich. W zależności od odległości sprzętu od punktu zerowego w momencie wybuchu, niebezpieczna aktywność może utrzymywać się:

- w odległości do 200-750 m - kilka dni;

- w odległości do 150-450 m - około dwóch tygodni;
- w punkcie zerowym wybuchu - do 1 miesiąca.

Powyższe dane uzyskano w wyniku całego szeregu założeń upraszczających realną sytuację w rejonie uderzenia neutronowego. Stąd też otrzymane wyniki należy traktować jako postawienie problemu, a nie jego rozwiązanie. Wyznaczenie wskaźników ilościowych oddziaływania promieniowania neutronowego na stalowe elementy konstrukcyjne sprzętu bojowego wymaga przeprowadzenia badań eksperymentalnych, z zaangażowaniem zespołu specjalistów i przy zastosowaniu źródła neutronów o widmie energetycznym zbliżonym do widma neutronów uzyskiwanych w reakcji syntezy.

C. W zakresie działania wybuchu neutronowego na urządzenia inżynieryjne, obiekty administracyjno-przemysłowe i roślinność.

1. Zniszczenie urządzeń fortyfikacyjnych, środków przeprawowych, mostów, zapór drutowych i min następuje wskutek działania fali uderzeniowej. Promienie stref zniszczeń tych urządzeń w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt, wykonanego na wysokości 150 m, są rzędu kilkudziesięciu - kilkuset metrów. Wybuchy na większych wysokościach działają niszcząco tylko na niektóre urządzenia inżynieryjne.
2. Obiekty administracyjno-przemysłowe są niszczone i ulegają różnorodnym uszkodzeniom głównie w wyniku działania fali uderzeniowej. Promienie stref zniszczeń tych obiektów w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt są rzędu kilkuset metrów. Tylko domy drewniane mogą ulec zniszczeniom średnim

/nadającym się do naprawy/ w promieniu ponad 1 km.

3. Zawały przestrzenne w lasach, w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt mogą nastąpić w promieniu 240-550 m /w zależności od wysokości wybuchu/. Pożary lasów i suchej roślinności możliwe są w promieniu około 0,5 km, lecz tylko w przypadku suchej letniej pogody i dobrej przejrzystości powietrza.

ROZDZIAŁ III.

NIEKTÓRE PROBLEMY DZIAŁAŃ WOJSK I OBRONY PRZED BRONIĄ MASOWEGO RAŻENIA W WARUNKACH UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ.

1. Taktyczno-operacyjne zagrożenie bronią neutronową.

1.1. Rola broni neutronowej w planach militarnych NATO.

Publikacje zachodnie na temat parametrów bojowych i znaczenia militarnego broni neutronowej są w większości ogólnikowe, niepełne i nie pozbawione sprzeczności. Większość strategów NATO wyraża jednak opinie, że broń neutronowa odegra poważną rolę w ewentualnych przyszłych działaniach bojowych. Według oficjalnych oświadczeń przedstawicieli kierowniczych kół NATO ma ona być użyta przede wszystkim do niszczenia celów taktycznych, a w tym głównie broni pancernej. Takie jej przeznaczenie uzasadniane jest tym, że wojska państw Układu Warszawskiego posiadają zdecydowaną przewagę w czołgach oraz w innych konwencjonalnych środkach walki i armie państw NATO tylko bronią jądrową mogłyby być w stanie powstrzymać ich ewentualne natarcie.

Według ich opinii broń jądrowa znajdująca się aktualnie w wyposażeniu armii państw NATO niezbyt się do tego nadaje, ze względu na stosunkowo duże "skutki uboczne". W wizjach wojny jądrowej w Europie, prowadzonej z użyciem dotychczasowych ładunków, przewiduje się wystąpienie masowych skażeń, zniszczeń terenowych, pożarów i strat ludności cywilnej. Już w ciągu pierwszych 48 godzin wojny, według obliczeń strategów NATO przeprowadzonych w czasie manewrów "Carte Blanch", z 335 użytych ładunków jądrowych 268 ugodziłoby w obszar Republiki Federalnej Niemiec. Pociągnęłoby to za sobą 1,5 mln zabitych i 35

mln rannych oraz powstanie wielkich obszarów zniszczeń. Przy obustronnej wymianie ciosów, z użyciem broni jądrowej w Europie zachodniej straty wyniosłyby około 100 mln.

Według oficjalnie głoszonych opinii strategów NATO powyższe rozwiązanie jest nie do przyjęcia, a sytuację może zmienić wprowadzenie do wyposażenia wojsk broni neutronowej. Można ją skutecznie użyć przeciwko celom wojskowym z jednoczesną kontrolą skutków ubocznych. "Zmniejszamy efekt fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego i osiągamy ściśle taki stopień uśmiercania jaki chcemy mieć" - oto słowa jednego z menadżerów projektu bomby neutronowej Alfreda Staninbirda trafnie oddający poglądy ekspertów NATO na użycie broni neutronowej.^{x/} Parametry techniczno-bojowe broni neutronowej, zdaniem ekspertów NATO, pozwalają zredukować ograniczenia operacyjne jej użycia. Broń ta jednocześnie może być groźnym i skutecznym środkiem "odstrasającym".

Nie podważając słuszności powyższych poglądów należy jednak zdawać sobie sprawę, że nie jest to główny powód, dla którego lansuje się broń neutronową. Inna jest zasadnicza rola broni neutronowej w planach militarnych NATO. Oficjalnie wypowiedziane na Zachodzie opinie, w swojej większości, służą zamierzonej dezorientacji własnych społeczeństw, a ich podłożem są interesy ekonomiczne producentów tej broni lub też aspiracje polityczno-militarne jej potencjalnych użytkowników.

Skonstruowanie broni neutronowej, jest wynikiem szeroko zakrojonych planów modernizacji i przebudowy jakościowej sił zbrojnych NATO, realizację których obserwujemy w ostatnich latach. Wprowadzane są różnorodne zmiany w broni konwencjonalnej i jądrowej. Równoległe z bronią neutronową, w której rzekomo z humanitarnych pobudek, zredukowano falę uderzeniową,

x/ Cytat z artykułu "Bomba neutronowa wybuchnie prawdopodobnie nad ziemią niemiecką" zamieszczonego w czasopiśmie "Sygnały" 10/21 /tłumaczenie z "Der Spiegel".

promieniowanie cieplne i skażenie promieniotwórcze terenu, konstruowane są ładunki o podwyższonym działaniu promieniowania cieplnego i fali uderzeniowej oraz tzw. bomby brudne - o podwyższonym efekcie skażenia promieniotwórczego terenu. Nie ulega więc wątpliwości, że wprowadzenie broni neutronowej do wyposażenia wojsk NATO, wynika z długofalowych, agresywnych działań kół militarystycznych krajów członkowskich NATO, w kierunku zróżnicowania efektów działania i mocy broni jądrowej, zwiększenia precyzji naprowadzania jej na cel oraz usprawnienia logistyki i ruchliwości.

Należy sądzić, że wprowadzenie do wyposażenia wojsk NATO ładunków neutronowych nie wyeliminuje dotychczasowych taktycznych ładunków jądrowych, a będzie stanowić jedynie ich uzupełnienie. Ładunki jądrowe małych mocy w ciągu najbliższych kilku, a może kilkunastu lat nadal będą w ilościowej przewadze. Szacuje się, że obecnie w Europie zachodniej jest około 9000 ładunków jądrowych, w tym amerykańskich 7200, brytyjskich 1500 i francuskich 314. Gros tych ładunków zgromadzono na terytorium RFN. Planuje się wprowadzenie do wyposażenia wojsk NATO około 2000 ładunków neutronowych. Orientacyjnie można więc przyjąć, że po zrealizowaniu tego planu ładunki neutronowe będą stanowiły nie więcej niż 20 % wszystkich ładunków jądrowych.

1.2. Charakterystyka środków przenoszenia broni neutronowej.

Ładunki neutronowe przewiduje się produkować w pierwszej kolejności w postaci głowic W-70 - Mod - 3 do rakiet Lance, a następnie w postaci dwóch rodzajów pocisków artylerii atomowej. Są to pociski W-79 do haubic 203,2 mm i W-74 do haubic 155 mm. Spotyka się informacje także o tym, że w dalszej przyszłości ładunki neutronowe będą również przenoszone w bombach

lotniczych i głowicach rakiet innych typów.

Rakiety Lance znajdują się w jednostkach korpuśnych amerykańskich, zachodnioniemieckich i brytyjskich, wchodzących w skład wojsk NATO. Zakupienie zestawów rakietowych Lance i wprowadzenie ich do uzbrojenia wojsk lądowych planują również inne państwa NATO: Belgia, Holandia i Włochy. Rakietami Lance zastępuje się wycofywane rakiety Honest John i Sergeant. Są to rakiety o nowocześniejszych rozwiązaniach technicznych i doskonalszych parametrach taktycznych. Pocisk rakiety Lance jest prawie dwukrotnie lżejszy od pocisku rakiety Honest John i prawie 3,5 krotnie lżejszy od pocisku rakiety Sergeant. Zestaw rakiety Lance pod względem wykorzystania bojowego i manewrowości jest znacznie doskonalszy od Honest John i Sergeant i pod tym względem można go porównywać nawet z artylerią klasyczną. Porównanie niektórych danych taktyczno-technicznych pocisków rakietowych klasy ziemia - ziemia przedstawiono w tabeli 54.

Tabela 54

Zestawienie porównawcze danych taktyczno-technicznych pocisków rakietowych klasy ziemia - ziemia wchodzących w skład taktycznych i taktyczno-operacyjnych zestawów rakietowych państw NATO.

Dane taktyczno-techniczne	Nazwa zestawu rakietowego			
	Honest John MGR-1B	Sergeant MGM-29A	Lance MGM-52C	
1	2	3	4	
Zasięg pocisku :				
- minimalny, km	3	46	5	
- maksymalny, km	40	140	110	
Ciężar startowy pocisku, kg	2140	4580	1520	
Prawdopodobny błąd kołowy strzelania, m	900	300	100	

1	2	3	4
Ciężar ładunku bojowego, kg:			
- konwencjonalnego	680	680	454
- jądrowego	550	550	211
Moc ładunku jądrowego, kt	2-30	40-150	20-150
Długość pocisku, m	0,76	0,78	0,56
Układ naprowadzania	poc.niekie- rowany	bezwład- nościowy	bezwład- nościowy
Maksymalna prędkość lotu pocisku, m/s	900	1000	.
Maksymalna wysokość toru lotu pocisku, m	9000	43000.	45720
Maksymalny czas lotu po - cisku, s	50	250	200
Rakietowy materiał napędowy	paliwo stałe	paliwo stałe	paliwo ciekłe
Liczba wyrzutni:			
- w baterii	2	2	2
- w dywizjonie	4-6	4	4-6

Dokładność strzelania przy średnich odległościach /50-60 km/ pocisku rakietowego Lance wynosi około 50 m. Ma to, zdaniem specjalistów amerykańskich, decydujący wpływ na skuteczność i ekonomikę prowadzenia ognia. Duże znaczenie dla ruchliwości taktycznej zestawu Lance ma fakt wyeliminowania agregatów prądotwórczych i zastąpienie ich bateriami akumulatorów zasadowych.

W skład taktyczno-operacyjnego zestawu rakietowego Lance wchodzi: kierowane pociski rakietowe Lance XMGM-52C, wyrzutnie samobieżne XM-75C, wyrzutnie ciągnięte XM-740, podwozia wyrzutni ciągniętych XM-234, samobieżne transportery samozaładowcze XM-688E1, sprzęt dowiązania topogeodecyzycznego,

Przenośny blok aparatury kontrolnej i programującej AN/GJM-24, przenośny pulpit sterowania startem XM-91E1, akumulatory niklowo-kadmowe, zawieszina belkowo-taśmowa XM-22E1, pojemniki zabezpieczające przed uszkodzeniami mechanicznymi poszczególnych elementów w czasie transportu i magazynowania, sprzęt pomocniczy i środki transportu ogólnego.

Pocisk rakietowy Lance XMGM-25 jest naddźwiękowym środkiem przenoszenia broni jądrowej na odległość do 110 km. Moc ładunku jądrowego głowicy XM-234 może wynosić od 20 do 150 kt. Przewiduje się, że głowica neutronowa, tzw. o podwyższonej radiacji /Enhanced radiation warhead = ERW/ będzie posiadać moc 1 kt. Oprócz głowic jądrowych mogą być także stosowane głowice konwencjonalne XM-188 i chemiczne E-27.

Głowica pocisku Lance może być wymieniana, co umożliwia wykonanie zadania ogniowego w sposób optymalny z punktu widzenia taktycznego, technicznego i ekonomicznego.

Układ napędowy pocisku jest napełniany paliwem ciekłym w zakładach produkcyjnych. Okres gwarancyjny wynosi 5 lat. W tym czasie układ napędowy nie wymaga zabiegów konserwacyjnych.

Bezwładnościowy układ naprowadzania zostaje zaprogramowany w trakcie przygotowania pocisku do strzelania. Po starcie koryguje on lot pocisku i utrzymuje na zadanym torze.

Wyrzutnia samobieżna XM-752 składa się z pojazdu gąsienicowego i wyrzutni właściwej. Pojazd gąsienicowy z zamontowaną wyrzutnią i jednym pociskiem może poruszać się w trudnych warunkach terenowych i pokonywać przeszkody wodne podobnie jak pojazd amfibijny. Zasięg marszu wyrzutni wynosi 450 km, prędkość po drogach pierwszej klasy - 65 km/h, prędkość pływania 10 km/h. Sprzęt może być przerzucany na nowe stanowiska startowe przy pomocy śmigłowców oraz, po odpowiednim przygotowaniu, zrzućany na spadochronach. Wyrzutnia właściwa może być łatwo przemontowywana na pojazd ciągniony.

Zestawy rakietowe Lance znajdują się w wyposażeniu dywizjonów rakietowych. Są one uważane za główny środek ogniowy bezpośredniego wsparcia jądrowego działań bojowych na szczeblu dywizji i korpusu sił lądowych NATO.

Samobieżne haubice 155 mm /M-109/ przygotowane są do prowadzenia ognia amunicją konwencjonalną i jądrową, przy czym w armii USA wszystkie pododdziały artylerii wyposażone w haubice 155 mm są przygotowane do prowadzenia ognia amunicją jądrową /w tym neutronową/, a w armiach pozostałych państw NATO - tylko niektóre pododdziały. Zasięg haubicy wynosi: przy strzelaniu amunicją konwencjonalną 18,5 km, jądrową - 14,6 km. Aktualnie haubice te podlegają modernizacji, w wyniku czego zasięg ich wzrasta do około 30 km. Jednostka ognia na każdą haubicę wynosi 28 pocisków konwencjonalnych. Pociski jądrowe nie wchodzi w skład jednostek ognia. Liczba ich każdorazowo zależy od konkretnego przydziału. Obsługa haubicy liczy 5 żołnierzy. Szybkostrzelność-przy długotrwałym prowadzeniu ognia-wynosi 3 pociski na minutę. Czas rozwinięcia na przygotowanym stanowisku ogniowym - 12 minut, najkrótszy czas przebywania na SO - 15 minut, czas zwinięcia 1 - 2 minuty. Prędkość marszu po drodze bitej wynosi 65 km/h. Haubice mogą pokonywać brody o głębokości do 1 m. Mogą one również pokonywać przeszkody wodne wpław bez dodatkowych środków przepławowych, dzięki wyposażeniu ich w balony nylonowe napełniane powietrzem.

Samobieżne haubice 203,2 mm /M-110/ przystosowane są do prowadzenia ognia amunicją konwencjonalną i jądrową. Zasięg haubicy wynosi: przy strzelaniu amunicją konwencjonalną 16,9 km, jądrową - 14,3 km, zmodernizowanych - ponad 30 km. Jednostka ognia na każdą haubicę wynosi 150 pocisków konwencjonalnych. Ilość pocisków jądrowych zależy od konkretnego przydziału. Obsługa haubicy liczy 13 żołnierzy, z tego przy dziale znajduje się 5 żołnierzy. Szybkostrzelność-przy długotrwałym prowadzeniu

x/ - z ładunkiem rakietowym - 28,2 km

ognia-wynosi 1 - 1,5 pocisków na minutę. Czas rozwinięcia na SO - 2 minuty, najkrótszy czas przebywania na SO - około 3-5 minut, czas zwinięcia - 2 minuty. Maksymalna prędkość marszu po drogach bitych - 55 km/h.

Spośród wszystkich środków przenoszenia broni jądrowej artyleria atomowa /hb 155 mm i hb 203,2 mm/ ma najlepszą celność i działanie jej najmniej zależy od pory dnia i warunków meteorologicznych. Nie potrzebuje ona również tak szeroko rozwiniętej obsługi i zabezpieczenia strzelania, jak rakiety. Może ona strzelać pociskami jądrowymi małej mocy. Przewidywane ładunki neutronowe mają mieć moc około 1 kt. Artyleria atomowa nadaje się najbardziej do rażenia licznych celów w strefie taktycznej.

Zestawy raketowe Lance znajdują się w wyposażeniu dywizjonów raketowych, a haubice 155 mm i 203,2 mm - pododdziałów artylerii, zorganizowanych w dywizjony i samodzielne baterie.

Dywizjony raketowe Lance przeznaczone są do bezpośredniego wsparcia jądrowego działań bojowych sił lądowych NATO na szczeblu korpusu armijnego i dywizji.

Organizacja i wyposażenie dywizjonu Lance w sprzęt umożliwia samodzielne działanie poszczególnych baterii ogniowych, a w sprzyjających warunkach - samodzielne wykonywanie zadań przez pluton startowy.

Dywizjon raketowy Lance składa się z dowództwa, baterii dowodzenia, trzech lub dwóch baterii ogniowych i baterii technicznej. Każda bateria ogniowa składa się z dwóch plutonów startowych, plutonu dowozu pocisków raketowych oraz plutonu dowiązania topogeodezyjnego. W skład plutonu startowego wchodzi jedna sekcja startowa, obsługująca jedną wyrzutnię.

Bateria ogniowa dysponuje dwoma, a dywizjon - czterema lub najczęściej sześcioma, wyrzutniami pocisków raketowych Lance. Odległość stanowisk startowych dywizjonu Lance od rubieży styczności wojsk wynosi 8 - 20 km.

Dywizjony samobieżnych haubic 155 mm są przeznaczone do bezpośredniego wsparcia działań bojowych brygad pierwszego rzutu oraz stanowią środek ogniowy dowódców korpusów armijnych, mogą być również przydzielone dywizjom pierwszego rzutu. Występują one jako dywizjony brygad zmechanizowanych, pancernych i zmotoryzowanych w siłach lądowych Stanów Zjednoczonych i Republiki Federalnej Niemiec, organiczne dywizjony dywizji brytyjskich oraz dywizjony korpusne w siłach lądowych USA, Belgii i RFN.

Baterie haubic 155mm stanowią etatowy środek ogniowy batalionów rozpoznawczych, wchodzących w skład rozpoznawczych pułków pancernych w wojskach USA. Bateria w składzie sześciu haubic jest przeznaczona do bezpośredniego wsparcia działań bojowych batalionu. Ogółem w rppanc znajdują się trzy baterie haubic.

Dywizjony i baterie samobieżnych haubic 155 mm /M-109/ rozmieszczają się na stanowiskach ogniowych w odległości 4-6km od przedniego skraju. Obszar stanowisk ogniowych dywizjonu wynosi 1,5 - 2,5 na 1,5 - 2,5 km, a rejon ześrodkowania - 2 na 3 km.

Dywizjony i baterie samobieżnych haubic 203,2 mm /M-110/ są przeznaczone do wsparcia ogólnego korpusów armijnych, a także do wzmocnienia ognia artylerii dywizji.

Występują one w składzie artylerii dywizyjnej i korpusnej sił lądowych Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii, Republiki Federalnej Niemiec, Danii, Holandii i Belgii.

Dywizjony i baterie samobieżnych haubic 203,2 mm rozmieszczają się na stanowiskach ogniowych w odległości 4 - 8 km od przedniego skraju.

Ilość środków ogniowych przygotowanych do strzelania amunicją jądrową i neutronową w poszczególnych korpusach armijnych armii państw NATO na ETW przedstawiono w tabeli 55.

Tabela 55

Zestawienie środków przenoszenia ładunków neutronowych
w siłach zbrojnych NATO na ETW /według stanu na 1.01.1978r./

Korpus	Związek tak - tyczny, oddział	Wyrzutnie Lance	Artyleria atomowa		Razem
			hb 203,2 mm	hb 155 mm	
1	2	3	4	5	6
JKA	650 d "L"	4	-	-	4
	6 DZ	-	6	6	12
	JDZ	-	12	-	12
Razem		4	18	6	28
1 KA /NZ/	150 d "L"	6	-	-	6
	1 DZ	-	6	6	12
	11 DZ	-	6	6	12
	3 DPanc	-	6	6	12
	7 DPanc	-	6	6	12
Razem		6	24	24	54
1 KA /WB/	50 p "L"	12	-	-	12
	1 DPanc	-	3	12	15
	2 DPanc	-	3	12	15
	3 DPanc	-	3	12	15
	4 DPanc	-	3	12	15
Razem		12	12	48	72
1 KA /B/	Jednostki korpuśne	-	8	12	20
1 KA /H/	1 DZ	-	4	-	4
	4 DZ	-	4	-	4
	Jednostki korpuśne	-	12	-	12
Razem		-	20	-	20
2 DPanc/A/ /3 brygada/	2 DPanc /A/ /3 brygada/	-	-	18	18
Razem w PGA i JKA		22	82	108	212

1	2	3	4	5	6
5 KA /A/	8 DZ	-	12	54	66
	3 DPanc	-	12	54	66
	4 DZ	-	-	18	18
	11 rppanc	-	-	18	18
	Artyleria korpuśna	18	36	-	54
Razem		18	60	144	222
7 KA /A/	3 DZ	-	12	54	66
	1 DPanc	-	12	54	66
	1 DZ	-	-	18	18
	2 rppanc	-	-	18	18
	Artyleria korpuśna	18	84	18	102
Razem		18	108	162	270
2 KA /NZ/	4 DPZmot	-	6	6	12
	10 DPanc	-	6	6	12
	1 DPG	-	6	6	12
	1 DPD	-	-	-	-
	250 d "L"	6	-	-	6
Razem		6	18	18	42
3 KA /NZ/	2 DPZmot	-	6	6	12
	5 DPanc	-	6	6	12
	12 DPanc	-	6	6	12
	350 d "L"	6	-	-	6
Razem		6	18	18	42
Razem w CGA		48	204	324	594
Ogółem SE TDW i JKA		70	286	456	812

Uwaga: Tabelę opracowano na podstawie "Kompedium sił zbroj-
nych państw NATO" sygn. Szt.Gen. 868/78 Wwa 1978 r.

1.3. Zagrożenie bronią neutronową związków taktycznych i operacyjnych.

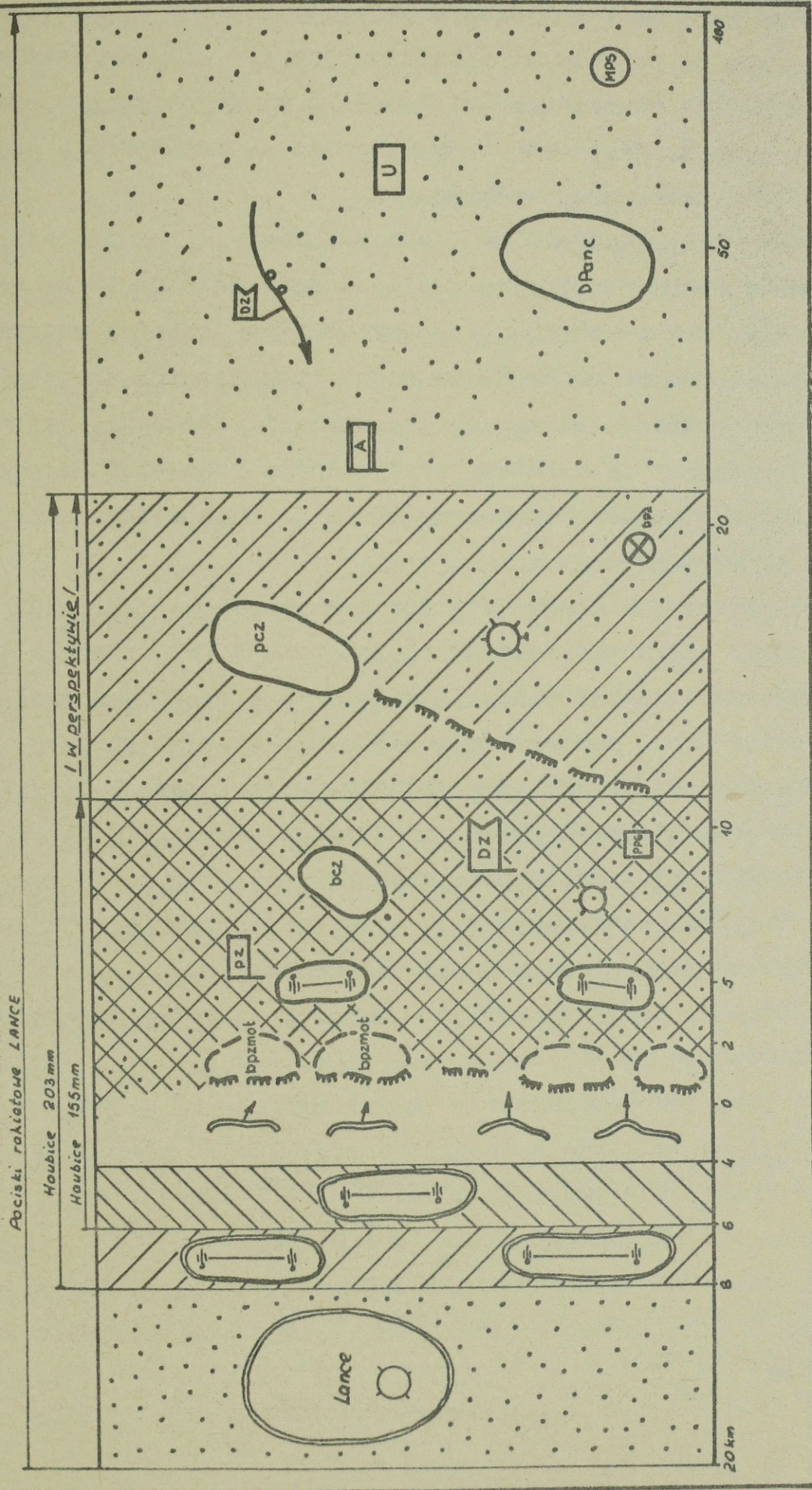
Na podstawie przeprowadzonej analizy rodzajów i ilości ładunków neutronowych planowanych do wprowadzenia do uzbrojenia wojsk lądowych głównych państw NATO, charakterystyki środków przenoszenia broni neutronowej, analizy struktur organizacyjnych, wyposażenia i zasad działania pododdziałów przewidzianych do stosowania broni neutronowej, norm przydziału amunicji neutronowej i koncepcji wykorzystania tych limitów w działaniach bojowych można sformułować pewne wnioski ogólne o zagrożeniu naszych wojsk bronią neutronową.

Z porównania ogólnej ilości ładunków jądrowych zgromadzonych w wojskach NATO w Europie i ilości ładunków neutronowych planowanych do wprowadzenia do wyposażenia wojsk w najbliższych latach zauważamy, że po zrealizowaniu tych planów ładunki neutronowe będą stanowiły nie więcej niż 20 % wszystkich ładunków jądrowych.

Na podstawie zasięgu środków przenoszenia broni neutronowej i oddalenia stanowisk startowych rakiet i stanowisk ogniowych artylerii atomowej od rubieży styczności wojsk dochodzimy do wniosku, że nieprzyjaciel może razić przy pomocy rakiet obiekty rozmieszczone na głębokości około 100 km, a przy pomocy artylerii atomowej - do głębokości około 20 km/rys.32/.

Z zestawienia ogólnej ilości środków przenoszenia broni neutronowej wynika, że przewaga w środkach artyleryjskich jest średnio około 11 krotna. Gdyby założyć, że obiekty uderzeń neutronowych są równomiernie rozmieszczone w obszarze operacyjnym naszych wojsk to prawdopodobieństwo wykonania uderzenia neutronowego na obiekt rozmieszczony na głębokości do 20 km byłoby ponad 50 krotnie większe niż w większej odległości od rubieży styczności wojsk:

Rys. 32 Zagrożenie wojsk bronią neutronową



Wiadomo jednak, że zagęszczenie obiektów narasta w miarę, przybliżania się do rubieży styczności wojsk i w strefie taktycznej może być 5-10 i więcej razy większe niż w przestrzeni operacyjnej. Tak więc prawdopodobieństwo uderzeń neutronowych w tej strefie jest do 10 razy większe.

Z powyższych rozważań wynika, że największe zagrożenie uderzeniami neutronowymi występuje w odległości od 3 do 20 km od rubieży styczności wojsk, przy czym bliższa granica uwarunkowana jest strefą bezpieczeństwa wojsk wykonujących uderzenia neutronowe, a dalsza - zasięgiem artylerii atomowej. Najbardziej zagrożonymi uderzeniami neutronowymi będą więc drugorzutowe bataliony pułków pierwszego rzutu i drugorzutowe pułki dywizji pierwszego rzutu.

Z porównania ilości środków przenoszenia broni neutronowej, znajdujących się w wojskach lądowych państw NATO /tabela 79/ zauważamy, że istnieje duże zróżnicowanie w ilościach środków przenoszenia broni neutronowej, jakimi dysponują korpusy armijne i dywizje poszczególnych państw NATO. Przykładowo 7 KA /A/ posiada 270 środków przenoszenia broni neutronowej, a 1 KA /B/ - tylko 12. Również dywizje amerykańskie posiadają po 18 lub 66, natomiast holenderskie - po 4, a w dywizjach belgijskich nie ma wcale środków przenoszenia broni neutronowej.

Aktualne normy przydziału amunicji jądrowej do wykonania zadań wynoszą:

- korpusów armijnych: - amerykańskich 120 - 150 i więcej, brytyjskich do 120 oraz zachodnioniemieckich 80 i więcej;

- dywizji: - amerykańskich 25 - 30 i więcej, brytyjskich do 40 oraz zachodnioniemieckich 10 i więcej.

Jednoczesne wykorzystanie maksymalnej ilości ładunków jądrowych w działaniach bojowych wojsk NATO może nastąpić przede wszystkim:

- w natarciu: - do przełamania zawczasu przygotowanej obrony /60 - 70 % limitu/;

- w obronie - w okresie kontrprzygotowania i wyjścia do przeciwuderzenia /25 - 50 % limitu/.

Ze względu na to, że skutki uderzeń neutronowych można porównać ze skutkami dotychczasowych uderzeń jądrowych średniej mocy /rażenie ludzi/ i małej mocy /zniszczenia sprzętu bojowego i obiektów terenowych/ należy przypuszczać, że normy przydziału amunicji neutronowej będą podobne do dotychczasowych i nie zmieni się wiele koncepcja wykorzystania tej broni w działaniach bojowych.

Z przeprowadzonego porównania ilości środków przenoszenia ładunków neutronowych w związkach operacyjnych i taktycznych głównych państw NATO oraz norm przydziału amunicji jądrowej wynika duże zróżnicowanie ich możliwości bojowych, a więc i zróżnicowanie zagrożenia uderzeniami neutronowymi naszych związków taktycznych i operacyjnych.

W zależności od konkretnego przeciwnika, na dywizję pierwszorzutową może być wykonane jednocześnie od kilku do 20 uderzeń neutronowych, przy czym górny pułap może być ograniczony brakiem opłacalnych obiektów do uderzeń, a nie możliwościami przeciwnika.

W pasie armii pierwszorzutowej przeciwnik może wykonać od kilkunastu do 60 - 70 uderzeń neutronowych, z których gross /do 90 %/ przypadnie na pierwszorzutowe związki taktyczne.

2. Wpływ broni neutronowej na charakter i zasady współczesnej walki.

Doświadczenia historyczne pokazują, że charakter walki zbrojnej zależy przede wszystkim od stopnia rozwoju sprzętu technicznego i uzbrojenia. Środki walki decydowały o rozwoju

i jakościowych przeobrażeniach różnych rodzajów wojsk oraz o sposobach prowadzenia walki. Technika kształtowała taktykę i nadal ją kształtuje. Na prawdę tę wskazał już Fryderyk Engels w dziele pt. "Anty - Dühring": "... Postępy techniki, gdy tylko dały się zastosować i zostały zastosowane w wojsko-wości, natychmiast siłą niemal narzucały zmianę, a nawet prze- wrót w sposobach walki ..."

W poprzednich rozdziałach ustaliliśmy, iż broń neutro- nowa, mimo że jest pewną odmianą broni jądrowej małej mocy, jest jednocześnie jakościowo nowym środkiem walki.

W świetle tych ustaleń można sformułować pewne sądy na temat zasad walki ogólnowojskowej w warunkach stosowania broni neutronowej oraz roli w tej walce różnych rodzajów wojsk.

Porównanie rażącego działania broni neutronowej i do- tychczasowych rodzajów broni jądrowej wskazuje jednocześnie, że dzięki broni neutronowej nie nastąpi generalny przełom w do- tychczasowych zasadach prowadzenia walki zbrojnej lecz jej właściwości bojowe - jak każdego nowego środka walki - powinny być uwzględniane w przygotowaniu, planowaniu i organizacji działań bojowych oraz w kierowaniu walką.

2.1. Znaczenie rodzajów wojsk w walce w warunkach stosowania broni neutronowej.

Aktualnie przyjmuje się, że główną rolę w przyszłej wojnie odegra broń raketowo-jądrowa. Broń ta nie wyklucza użycia w walce pododdziałów i oddziałów zmechanizowanych, czołgów, artylerii i innych rodzajów wojsk. Nadal obowiązuje zasada, że powodzenie w walce może być osiągnięte tylko wspólnym wysiłkiem wszystkich rodzajów wojsk, przy ciągłym i ścisłym ich współdziałaniu, czyli walka jest nadal ogólnowojskową. Jest rzeczą bezsporną, że zastosowanie broni neutronowej w warun- kach wojny jądrowej jest nieporównywalnie mniejszym skokiem

technicznym niż przejście od wojny konwencjonalnej do jądrowej, stąd też nie ma najmniejszych podstaw do podważania słuszności wyżej sformułowanej zasady, a w tym do pomniejszania roli i znaczenia któregośkolwiek rodzaju wojsk; w szczególności znaczenia wojsk pancernych i zmechanizowanych.

Główną siłę ogniową w warunkach użycia broni neutronowej nadal będą stanowić pododdziały raketowe, zdolne razić bronią jądrową zarówno środki napadu jądrowego /a w tym i neutronowego/ jak też zgrupowania wojsk zmechanizowanych i pancernych, stanowiska dowodzenia i inne elementy ugrupowania bojowego i operacyjnego nieprzyjaciela.

Pododdziały zmechanizowane, dzięki dużej ruchliwości i sile ognia, mogą w natarciu - w ślad za uderzeniami jądrowymi - szybko zdobywać i umacniać teren, dezorganizować system kierowania uderzeniami neutronowymi nieprzyjaciela, w obronie - wykorzystując właściwości ochronne terenu i urządzeń fortyfikacyjnych - trwale utrzymywać teren i zamykać wyłomy po uderzeniach neutronowych.

W warunkach użycia broni neutronowej nie zmniejsza się również rola i znaczenie wojsk pancernych. Mogą one być wykorzystane do wykonywania zarówno samodzielnych zadań jak też do bezpośredniego wsparcia wojsk zmechanizowanych we wszystkich rodzajach i formach działań bojowych. Manewrowość i siła ognia wojsk pancernych pozwala na wielowariantowe ich wykorzystanie. W natarciu - mogą one uczestniczyć w przełamaniu lub samodzielnie dokonywać głębokich wyłomów w obronie nieprzyjaciela, szybko pokonywać strefę największego zagrożenia uderzeniami neutronowymi i taktyczną strefę obrony nieprzyjaciela. W pościgu - udaremiać i dezorganizować planowe wycofanie jego sił i umacnianie się na kolejnych rubieżach. Rozbijać kontrataki i przeciwuderzenia nieprzyjaciela, po zajęciu dogodnych rubieży lub też w boju spotkaniowym. W działaniach rajdowych i w składzie oddziałów wydzielonych

pododdziały czołgów mogą skutecznie niszczyć różnorodne elementy ugrupowania nieprzyjaciela - w tym środki napadu i składy broni neutronowej - oraz uprzedzać nieprzyjaciela w zajmowaniu dogodnych rejonów i rubieży. W obronie - wojska pancerne mogą wykonywać szybkie, silne i zaskakujące kontrataki i przeciwuderzenia, szybko zamykać wyłomy powstałe w wyniku uderzeń neutronowych, a wykorzystując właściwości ochronne terenu i rozbudowę fortyfikacyjną trwale utrzymywać rubieże na przednim skraju i w głębi obrony.

Artyleria, dzięki skuteczności rażenia nieprzyjaciela celnym ogniem o dużej gęstości, szczególnie na bliższych odległościach, gdzie ze względu na bezpieczeństwo wojsk własnych nie zawsze można zastosować broń jądrową, nie tylko nie traci swojego znaczenia w warunkach stosowania broni neutronowej, lecz jej znaczenie i rola znacznie wzrasta. Wystarczy uświadomić sobie, że z reguły cała artyleria atomowa przeciwnika, czyli ponad 90 % środków przenoszenia broni neutronowej, będzie zawsze w zasięgu ognia naszej artylerii. Stawia to przed naszą artylerią, szczególnie ważne zadania w zwalczaniu środków napadu neutronowego nieprzyjaciela. Pomyślne wykonywanie tych zadań wymaga od artylerii szybkiego reagowania na zmiany sytuacji taktycznej zarówno w zakresie szybkiego rozpoznawania i zwalczania wykrytych celów, jak też wychodzenia spod uderzeń broni neutronowej i środków klasycznych nieprzyjaciela.

Przewidywane wysokie tempo i duża manewrowość działań bojowych w warunkach stosowania broni neutronowej stawia przed artylerią wymogi stałego zwiększania jej ruchliwości. Wymogi te spełnia, coraz szerzej wprowadzana do wojsk, artyleria samobieżna.

W warunkach stosowania broni neutronowej nie zmniejsza się, a nawet także może wzrosnąć znaczenie lotnictwa. Jest ono zdolne wykrywać i niszczyć nieprzyjacielskie cele na całą głębokość operacyjną. Duża skuteczność lotnictwa w zwalczaniu celów

o niewielkich wymiarach, w dużych odległościach od rubieży styczności wojsk i będących w ruchu pozwala między innymi na niszczenie środków napadu neutronowego, dezorganizowanie systemu kierowania uderzeniami neutronowymi oraz systemów składowania, dowozu i elaboracji amunicji specjalnej.

Wiadomo, że w warunkach użycia broni jądrowej szczególna rola przypada wojskom inżynieryjnym, które wykonują różnorodne zadania związane z zapewnieniem wojskom swobody manewru i ochrony przed rażącym działaniem broni jądrowej oraz uczestniczą w likwidacji skutków uderzeń jądrowych. Zadania te w swojej większości nie zmieniają się w warunkach użycia broni neutronowej, tym bardziej, że nadal stosowane będą również dotychczasowe ładunki jądrowe.

Wojska chemiczne, które między innymi przeznaczone są do rozpoznania skażeń, kontroli dozymetrycznej, prowadzenia zabiegów sanitarnych ludzi oraz dezaktywacji uzbrojenia, sprzętu bojowego, umundurowania, oporządzenia i innych środków materiałowych, te same zadania będą wykonywać w warunkach stosowania broni neutronowej. Zmasowane użycie przez nieprzyjaciela ładunków neutronowych zamiast dotychczasowych /rozszczipionych/ może jedynie zmniejszyć zakres i stopień trudności w wykonaniu niektórych zadań wojsk chemicznych /np. rozpoznania skażeń i dezaktywacji/.

Na podstawie ustaleń, dokonanych w poprzednich rozdziałach należy sądzić, że w działaniach bojowych z użyciem broni neutronowej nie zmienia się również rola i znaczenie innych rodzajów wojsk i wojsk specjalnych oraz służb odpowiedzialnych za wszechstronne zabezpieczenie działań bojowych.

2.2. Wpływ broni neutronowej na aktualność niektórych zasad walki.

W punkcie 2.1. wyrażony został pogląd, że w warunkach użycia broni neutronowej nadal będzie obowiązywać podstawowa zasada walki

ogólnowojskowej, która zawiera się w tym, że powodzenie w walce osiąga się wspólnym wysiłkiem wszystkich rodzajów wojsk. Obecnie przeanalizujemy wpływ broni neutronowej na aktualność niektórych innych zasad walki, takich jak: rozśrodkowanie, zaskoczenie i maskowanie, manewr, ciągłość działań, inicjatywa i zabezpieczenie działań bojowych.

Broń jądrowa postawiła przed wojskami wymogi szybkiego ześrodkowywania się w określonym miejscu i czasie do wykonania zadań, a następnie szybkiego rozśrodkowywania się, aby nie stanowić opłacalnego celu do uderzeń. Normatywna odległość rozśrodkowania pomiędzy batalionami /pododdziałami równorzędnymi/ wynosi około 5 km. Odległość ta wynika z przyjętych założeń, aby jednym uderzeniem jądrowym średniej mocy nieprzyjaciel nie raził jednocześnie dwóch pododdziałów typu batalionu. W warunkach stosowania ładunków jądrowych małej mocy, a w tym i ładunków neutronowych, słuszność tej zasady jest również niepodważalna, jednak sztywne trzymanie się tych normatywów nie zawsze będzie uzasadnione. Wydaje się celowe, aby normy rozśrodkowania pododdziałów ściślej powiązać z zagrożeniem wojsk bronią jądrową różnej mocy, w tym neutronową, a więc z odległością od rubieży styczności wojsk. W strefie drugich rzutów frontu, gdzie najbardziej prawdopodobne są uderzenia jądrowe dużych i średnich mocy, odległości te należałoby utrzymać, a nawet i zwiększyć. W strefie operacyjnej armii pierwszorzutowych, gdzie należy się spodziewać większości uderzeń jądrowych średniej mocy, odległości te byłyby nadal podstawowymi. Natomiast w strefie taktycznej gdzie stosowane będą ładunki małej mocy i neutronowe odległości rozśrodkowania należałoby zmieniać w dość szerokim przedziale i zmniejszać w miarę przybliżenia się do przedniego skraju.

Ześrodkowanie i rozśrodkowanie wojsk wiąże się z kolejną zasadą walki ogólnowojskowej - manewrem. Współczesne działania bojowe wymagają przeprowadzania częstych, szybkich, skrytych i niespodziewanych dla nieprzyjaciela manewrów; w natarciu - w celu przeniknięcia przez powstałe wyłomy w głąb ugrupowania nieprzyjaciela, uderzenia na jego skrzydła i tyły oraz rozbicia częściami jego odwodów; w obronie - w celu zamknięcia powstałych luk, wykonania kontrataków i przeciwuderzeń i odparcia ataków nieprzyjaciela na niespodziewanych kierunkach.

W czasie wykonywania manewrów w warunkach stosowania broni jądrowej wojska napotykać będą na liczne przeszkody. Będą zmuszone do długotrwałego przebywania w środkach ochrony w strefach skażeń promieniotwórczych oraz pokonywania lub obchodzenia stref zniszczeń i pożarów. Rejony uderzeń neutronowych w znacznie mniejszym stopniu ograniczają ruch wojsk. Wykonywanie manewrów będzie zatem łatwiejsze zarówno w natarciu jak i w obronie. Należy jednak pamiętać, że i również nieprzyjaciel będzie miał mniej ograniczone możliwości manewru; broń neutronowa może więc wpłynąć na zwiększenie tempa i gwałtowności działań bojowych.

W warunkach stosowania broni neutronowej nadal duże znaczenie będzie miała zasada ciągłości działań bojowych. Prowadzenie ciągłych, aktywnych i w wysokim tempie działań bojowych, zarówno w dzień jak i w nocy, poważnie ogranicza nieprzyjacielowi możliwości skutecznego wykorzystania wszystkich środków walki. Jeżeli ograniczyć nieprzyjacielowi do minimum czas na rozpoznanie obiektów uderzeń neutronowych, na podjęcie odpowiednich decyzji i doprowadzenie ich do wykonawców, a wreszcie zmuszać go do częstych zmian stanowisk ogniowych i startowych oraz skutecznie zwalczać jego środki napadu neutronowego, to zmniejszy się zarówno ogólną ilość uderzeń jak też ich celność.

Zasada ciągłości działań nierozzerwalnie związana jest z inicjatywą i ciągłym narzucaniem przeciwnikowi swojej woli

co do warunków i sposobów rozegrania walki i bitwy, oraz koniecznością przewidywania rozwoju sytuacji. Broń neutronowa nie wnosi tu jednak wiele zmian i nie ma potrzeby problemów tych szerzej analizować.

W warunkach użycia broni neutronowej nowe problemy mogą pojawić się natomiast w dziedzinie zabezpieczenia działań bojowych. Dotyczy to: rozpoznania, obrony przed bronią masowego rażenia, maskowania, zabezpieczenia inżynieryjnego, przeciwdziałania radioelektronicznego, zabezpieczenia tyłowego i innych zagadnień. Na szczególną uwagę zasługują trudności w realizacji niektórych przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia i zabezpieczenia tyłowego. Trudności takie mogą wystąpić przy wykrywaniu i pomiarze parametrów wybuchów neutronowych, prognozowaniu i ocenie skutków uderzeń neutronowych, kontroli dozymetrycznej wojsk, indywidualnej i zbiorowej ochronie przed promieniowaniem, ewakuacji z pola walki i leczeniu porażonych w rejonach uderzeń neutronowych oraz w problematyce uzupełnień.

Całościowa analiza problematyki zabezpieczenia działań bojowych, ze względu na rozległość tematu i udział w realizacji zadań z tego zakresu wszystkich bez wyjątku rodzajów wojsk, wojsk specjalnych i służb, nie może być oczywiście pomieszczona w ramach jednej rozprawy. Rozwiązanie tych problemów wymaga oddzielnych, szerszych opracowań.

W dalszej części niniejszego rozdziału przeanalizowane zostaną więc tylko przedsięwzięcia obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej.

3. Obrona przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej.

3.1. Obrona przed bronią masowego rażenia i obrona przeciwneutronowa.

Obrona przed bronią masowego rażenia jest kompleksem przedsięwzięć, które organizowane są w wojskach w ramach

zabezpieczenia działań bojowych.

Celem obrony przed bronią masowego rażenia jest uniknięcie porażenia wojsk i obiektów tyłowych bronią jądrową, chemiczną i biologiczną lub minimalizacja rażącego działania tych broni, a tym samym zachowanie zdolności bojowej wojsk i żywotności tyłów.

Obrona przed bronią masowego rażenia obejmuje:

- rozśrodkowanie wojsk i obiektów tyłowych oraz ich maskowanie;
- okresową zmianę rejonów rozmieszczenia wojsk i obiektów tyłowych;
- inżynierską rozbudowę rejonów i przygotowanie dróg manewru;
- prognozowanie stref /rejonów/ porażenia, skażenia promieniotwórczego i chemicznego, zniszczeń, zatopień i pożarów;
- powiadamianie wojsk o skażeniach i zakażeniach;
- wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych sprzętu bojowego i terenu;
- rozpoznanie skażeń;
- przekraczanie stref skażonych i zapewnienie żołnierzom ochrony podczas działań w terenie skażonym;
- kontrolę napromienienia i stopnia skażenia żołnierzy oraz stopnia skażenia sprzętu bojowego, środków materiałowych, wody i żywności;
- zabiegi przeciwepidemiczne, sanitarno-higieniczne, profilaktyczne, przeciwezotyczne, sanitarno-weterynaryjne i weterynaryjno-profilaktyczne;
- likwidację skutków użycia broni masowego rażenia;
- zaopatrywanie wojsk w środki ochronne.

Z treści powyższych przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia wynika, że część z nich - dotycząca broni jądrowej - obejmuje również obronę przed bronią neutronową. Obrona przeciwneutronowa nie jest więc autonomicznym elementem zabezpieczenia

działań bojowych, lecz powinna być realizowana w ramach obrony wojsk przed bronią masowego rażenia.

Różnice w rażącym działaniu na ludzi, sprzęt bojowy i obiekty terenowe broni neutronowej i dotychczasowych rodzajów broni jądrowej, sugerują istnienie różnic w realizacji niektórych przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej. Różnice te mogą polegać zarówno na zmniejszeniu jak i zwiększeniu stopnia trudności w przeprowadzeniu tych przedsięwzięć. W dalszej części rozdziału przeanalizowane zostaną te przedsięwzięcia, których realizacja w warunkach użycia broni neutronowej może przebiegać odmiennie w stosunku do aktualnych ustaleń lub też broń neutronowa wywiera określony wpływ na ich realizację. Do przedsięwzięć tych można zaliczyć:

- inżynierijską rozbudowę rejonów;
- prognozowanie stref /rejonów/ porażień, skażeń, zniszczeń i pożarów;
- wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych sprzętu i terenu;
- rozpoznanie skażeń;
- przekraczanie stref skażonych i zapewnienie ludziom ochrony podczas działań w terenie skażonym;
- kontrola napromienienia i stopnia skażenia żołnierzy oraz stopnia skażenia sprzętu bojowego, środków materiałowych, żywności i wody;
- zabiegi profilaktyczne;
- likwidację skutków użycia broni neutronowej.

Analiza poszczególnych przedsięwzięć obrony wojsk przed bronią masowego rażenia poprzedzona zostanie analizą problematyki wykrywania wybuchów jądrowych w warunkach użycia broni neutronowej. Zadania związane z wykrywaniem i pomiarami parametrów wybuchów jądrowych nie są wprowadzane oddzielnym

przedsięwzięciem obrony przed bronią masowego rażenia /dostarczania się jedynie danych do prognozowania/, jednak ze względu na ważność tych zadań i istotny wpływ broni neutronowej na ich wykonywanie celowe jest problematykę tę rozpatrzeć oddzielnie.

3.2. Wykrywanie uderzeń neutronowych.

3.2.1 Wykrywanie wybuchów jądrowych w wojskach operacyjnych.

W zakres działalności dowódców i sztabów wszystkich szczebli dowodzenia w działaniach bojowych z użyciem broni masowego rażenia wchodzi organizowanie zbioru danych o uderzeniach nieprzyjaciela bronią jądrową i chemiczną oraz prognozowania i oceny skutków tych uderzeń. Problem szybkiego zbioru danych i przeprowadzenia prognozy jest szczególnie ważnym po zmasowanym, obustronnym użyciu broni jądrowej. Umożliwia to szybkie podjęcie uzasadnionych decyzji, m.in. w zakresie przeciwdziałania wykorzystaniu przez nieprzyjaciela rezultatów uderzeń, maksymalnego wykorzystania własnych uderzeń oraz sprawnej i szybkiej likwidacji skutków. Bezzwłoczne podjęcie tych decyzji i doprowadzenie ich do wojsk /pododdziałów/ może ograniczyć chaos i panikę oraz zapobiec powiększaniu się strat, co w konsekwencji sprzyja przejściu /utrzymaniu/ inicjatywy taktycznej /operacyjnej/ i zapewnia wykonanie postawionych zadań.

Dla szybkiego zbioru i opracowania informacji o uderzeniach bronią masowego rażenia organizowany jest w wojskach operacyjnych system wykrywania wybuchów jądrowych i skażeń. Podstawowymi elementami tego systemu są stacje obliczeniowo-analityczne skażeń /SOAS/ związków operacyjnych i taktycznych oraz sieć posterunków obserwacji wybuchów jądrowych i skażeń. Zadaniem systemu jest wykrywanie uderzeń BMR i skażeń, alarmowanie, powiadamianie i ostrzeganie wojsk o skażeniach oraz prognozowanie,

analiza i ocena sytuacji powstającej w pasie /rejonie/, działania ZO, ZT, oddziału lub pododdziału po uderzeniach BMR.

Zadaniem SOAS, a na niższych szczeblach-szefów zabezpieczenia chemicznego, szefów sztabów i instruktorów chemicznych, jest zbieranie i przetwarzanie informacji o uderzeniach BMR oraz prognozowanie i ocena strat skażeń, zniszczeń i pożarów.

Zadaniem sieci wykrywania uderzeń BMR i skażeń jest alarmowanie pobliskich pododdziałów oraz meldowanie o parametrach uderzeń i skażeniach odpowiednim dowódcom /sztabom/ i ogniwom systemu zgodnie z podległością posterunków.

W skład sieci wykrywania uderzeń BMR i skażeń wchodzi:

- obserwatorzy, posterunki obserwacyjne i patrole od szczebla kompanii /równorzędnej/ wszystkich rodzajów wojsk i wojsk specjalnych oraz jednostek tyłowych, a także punkty kontroli ruchu i patrole kontroli dróg;
- posterunki rozpoznania wzrokowego i dźwiękowego artylerii;
- posterunki obserwacji skażeń i patrole rozpoznania skażeń wojsk chemicznych;
- posterunki wykrywania wybuchów jądrowych;
- śmigłowce i samoloty, przystosowane do prowadzenia rozpoznania skażeń promieniotwórczych.

Sieć posterunków ustala następujące parametry wybuchu jądrowego: czas, miejsce, moc i rodzaj wybuchu oraz kierunek przemieszczania się obłoku promieniotwórczego.

Wszystkie parametry wybuchu jądrowego mogą ustalić tylko posterunki wystawiane przez pododdziały wykrywania wybuchów jądrowych i pododdziały rozpoznania skażeń.

Pozostałe posterunki oraz patrole i obserwatorzy ogólnowojskowi, rodzajów wojsk i wojsk specjalnych mogą stwierdzić fakt wybuchu jądrowego, podać czas, rodzaj wybuchu i kierunek lub orientacyjne współrzędne.

Parametry wybuchu jądrowego ustalane są na podstawie obserwacji i pomiarze intensywności zjawisk fizycznych towarzyszących wybuchom. W zależności od sposobu dokonywania obserwacji i pomiarów, rodzaju wykorzystywanego w tym celu zjawiska oraz rodzaju stosowanego sprzętu technicznego, istnieje szereg metod wykrywania wybuchów jądrowych: radiotechniczna, radiolokacyjna, sejsmiczna, aerzolowa, magnetyczna, akustyczna, spektrograficzna, światłotechniczna i wizualna. W wojskach operacyjnych wykorzystuje się tylko niektóre z nich: radiotechniczną, radiolokacyjną, akustyczną, światłotechniczną i wizualną.

W rozdziale pierwszym wykazaliśmy, że wybuchom neutronowym towarzyszą takie same zjawiska fizyczne jakie obserwowane są podczas powietrznego wybuchu jądrowego, tj. błysk i kula ognista, podmuch i dźwięk oraz powstawanie obłoku pyłowego w kształcie grzyba. Oznacza to, że wykrywanie wybuchów neutronowych można organizować o te same zjawiska, metody, sprzęt i pododdziały jakie wykorzystuje się /stosuje, angażuje/ do wykrywania wybuchów jądrowych rozszczepieniowych i termojądrowych.

Ponadto w rozdziale pierwszym zwróciliśmy uwagę na to, że ładunki neutronowe zawsze będą miały niewielką moc /rzędu 1 kt/ oraz, że podczas wybuchu neutronowego odmienna jest intensywność i charakterystyka poszczególnych zjawisk w stosunku do wybuchu rozszczepieniowego. Fakty te mogą utrudnić lub uniemożliwić wykrycie wybuchu neutronowego oraz spowodować błędy w ocenie jego mocy.

Niżej przeanalizujemy metody wykrywania wybuchów jądrowych, które znalazły zastosowanie w wojskach operacyjnych, z punktu widzenia ich przydatności do wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów neutronowych.

x/ - czas świecenia kuli ognistej jest bardzo krótki /patrz-tabela 1/, dlatego zjawisko to może być w zasadzie wykorzystywane tylko w automatycznym systemie pomiarowym.

3.2.2. Analiza przydatności metod wykrywania wybuchów jądrowych do wykrywania wybuchów neutronowych.

3.2.2.1. Metoda radiotechniczna.

Istotą metody radiotechnicznej jest pomiar impulsu elektromagnetycznego wybuchu jądrowego. Metodą tą można wykryć wybuch jądrowy, wykonany w kosmosie, w powietrzu i na powierzchni ziemi w odległości do 20 000 km od punktu pomiarowego. Metoda ta pozwala na pomiar czasu, miejsca, mocy i wysokości wybuchu. Zdolność rozdzielcza metody wynosi od 100 do 500 wybuchów na sekundę. Błędy w ocenie parametrów wybuchu jądrowego przedstawiono w tabeli 56.

W rozdziale pierwszym oceniliśmy, że udziały energetyczne impulsów elektromagnetycznych wybuchu neutronowego i rozszczepieniowego są w przybliżeniu jednakowe. Oznacza to, że parametry obu rodzajów wybuchów, zmierzone metodą radiotechniczną będą tego samego rzędu /tabela 56/.

Tabela 56

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą radiotechniczną.

Rodzaj parametru i jednostka	Błąd	Rodzaj ładunku ^{x/}	Wielkość parametru	
			Zmierzona	Faktyczna /założona/
Moc, kt	60 %	R	0,4-1,6	1
		N	0,4-1,6	
Czas	1 ms	R	t	t
		N	t	
Odległość, km	0,25 %	R	19,95-20,05	20
		N	19,95-20,05	
Wysokość, m	70 %	R	45 - 225	150
		N	45 - 225	

x/ R - rozszczepieniowy, N - neutronowy.

Z powyższego wynika, że metodę radiotechniczną można wykorzystać do wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów neutronowych, jednak uzyskane tą metodą dane o wybuchu nie informują o tym, że jest to wybuch neutronowy, a nie - na przykład - rozszczepieniowy małej mocy.

Aktualnie w wojskach operacyjnych nie wykorzystuje się wszystkich, wyżej prezentowanych, możliwości pomiarowych metody radiotechnicznej. Impuls elektromagnetyczny wybuchu jądrowego rejestrowany jest w stacji K-601S, będącej na wyposażeniu batalionu wykrywania wybuchów jądrowych. Zadaniem czujnika impulsu elektromagnetycznego stacji K-601S jest jej uruchomienie, t.j. włączenie układów do pomiaru odległości, mocy i wysokości wybuchu. Pomiary odbywają się metodą akustyczną /odległość/ i światłotechniczną /moc i wysokość/.

3.2.2.2. Metoda radiolokacyjna.

Pomiar parametrów wybuchu jądrowego metodą radiolokacyjną sprowadza się do określenia wymiarów obłoku i słupa pyłowego. Metodą tą można ustalić czas, miejsce, moc i rodzaj wybuchu jądrowego, wykonanego w powietrzu i na powierzchni ziemi. Zdolność rozdzielcza metody wynosi jeden wybuch na 6 minut. Maksymalna odległość wykrywania wybuchów wynosi do 300 km. Błędy, jakimi obarczone są wyniki pomiarów, zestawiono w tabeli 57.

Podczas analizy zjawisk fizycznych towarzyszących wybuchom neutronowym zostało ustalone, że obłok pyłowy tego wybuchu będzie miał takie wymiary jak obłok pyłowy wybuchu ładunku rozszczepieniowego o dwukrotnie mniejszej mocy. Oznacza to, że parametry wybuchu neutronowego, takie jak : rodzaj, czas i odległość, będą mierzone metodą radiolokacyjną analogicznie jak przy ładunku rozszczepieniowym, a moc wybuchu będzie saniżona. Prawdopodobne wyniki pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą radiolokacyjną porównano w tabeli 57.

Tabela 57

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą radiolokacyjną

Rodzaj parametru i jednostka	Błąd	Rodzaj ładunku x/	Wielkość parametru	
			Zmierzona	Faktyczna /założona/
Moc, kt	do 100%	R	0,1-2	1
		N	0,05-1	
Czas	1 min.	R	$t \pm 1$ min.	t
		N	$t \pm 1$ min.	
Odległość, km	1 %	R	19,8-20,2	20
		N	19,8-20,2	
Wysokość /rodzaj wybuchu/	xx	R	powietrzny	150
		N	powietrzny	

x/ R - rozszczepieniowy, N - neutronowy

xx/ nie mierzy się wysokości - określa się tylko rodzaj wybuchu.

Z tabeli 57 wynika, że metodą radiolokacyjną można wykorzystać do wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów neutronowych, jednak - podobnie jak przy metodzie radiotechnicznej - nie uzyskujemy informacji o tym, że jest to wybuch ładunku neutronowego. W przypadku uzyskania tej informacji z innego źródła należy moc wybuchu zmierzoną tą metodą zwiększyć dwukrotnie.

Metoda radiolokacyjna nie jest stosowana przez etatowe pododdziały wykrywania wybuchów jądrowych wojsk operacyjnych. Przewiduje się ją stosować przez pododdziały radiolokacyjne OPK. Pododdziały te, ze względów technicznych, nie mogą jednocześnie śledzić cele powietrzne i dokonywać pomiarów parametrów wybuchów jądrowych. Jak wiadomo, głównym ich zadaniem jest śledzenie

celów powietrznych, stąd też system radiolokacyjnego wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów jądrowych /neutronowych/ należy uważać za pomocnicze źródło informacji o wybuchach.

3.2.2.3. Metoda akustyczna.

Istotą metody akustycznej jest rejestracja fali dźwiękowej /akustycznej/ wybuchu jądrowego. Metoda ta umożliwia pomiar czasu, miejsca i mocy wybuchu powietrznego i naziemnego. Odległość wykrywania wybuchów jest praktycznie nieograniczona. Błędy w ocenie parametrów wybuchu zestawiono w tabeli 58.

Jak ustaliliśmy w rozdziale pierwszym, fala akustyczna wybuchu ładunku neutronowego będzie posiadała przebiegi zbliżone do fali akustycznej wybuchu ładunku rozszczepieniowego o dwukrotnie mniejszej mocy. Oznacza to, że parametry wybuchu ładunku neutronowego zmierzone metodą akustyczną będą zbliżone do parametrów wybuchu ładunku rozszczepieniowego o dwukrotnie mniej - szej mocy. Prawdopodobne wyniki pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą akustyczną porównano w tabeli 58.

Tabela 58

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą akustyczną.

Rodzaj parametru i jednostka	Błąd	Rodzaj ładunku x/	Wielkość parametru	
			Zamierzona	Faktyczna /założona/
Moc, kt	40 %	R	0,6-1,4	1
		N	0,3-0,7	
Czas	5 % ^{xx/}	R	$t \pm 3''$	t
		N	$t \pm 3''$	
Odległość, km	5 %	R	19 - 21	20
		N	19 - 21	
Wysokość /rodzaj wybuchu/	xxx	R	powietrzny	150
		N	powietrzny	

x/ R - rozszczepieniowy, N - neutronowy

xx/ od czasu dojścia dźwięku

xxx/ nie mierzy się wysokości - określa się tylko rodzaj wybuchu.

Z tabeli 58 wynika, że metodą akustyczną można wykorzystywać do wykrywania wybuchów neutronowych. Metoda ta, podobnie jak metody omówione poprzednio, nie dostarcza informacji o tym, że wykryty wybuch jest wybuchem neutronowym. W przypadku posiadania takiej informacji, analogicznie jak przy metodzie radiolokacyjnej, moc wybuchu zamierzoną metodą akustyczną należy podwoić.

Obecnie w wojskach operacyjnych wykorzystuje się tylko część możliwości pomiarowych metody akustycznej. Metodę tę stosuje się wyłącznie do pomiaru miejsca /odległości/ wybuchu, tak w ręcznym jak i automatycznym systemie pomiarowym.

3.2.2.4. Metoda światłotechniczna.

Istotą metody światłotechnicznej jest pomiar charakterystyk promieniowania świetlnego wybuchu jądrowego. Metoda ta umożliwia jednoczesny pomiar wszystkich parametrów wybuchu powietrznego i naziemnego. Zdolność rozdzielcza metody zależna jest od mocy wybuchu. Przy mocy w granicach 1 - 50 kt wynosi 12 wybuchów na minutę, a przy większej od 50 kt - 4 wybuchy na minutę. Maksymalna odległość wykrywania w znacznej mierze zależy od warunków meteorologicznych i mocy wybuchu. Wybuchy o średniej mocy-przy średniej przejrzystości powietrza-wykrywane są w odległościach 10 - 100 km i większych. Błędy pomiarów parametrów wybuchów jądrowych zestawiono w tabeli 59.

Wiadomo, że przebiegi czasowe intensywności świecenia kuli ognistej ściśle związane są z mocą termodynamiczną wybuchu jądrowego, która w przypadku ładunku neutronowego jest w przybliżeniu dwukrotnie mniejsza w stosunku do rozszczepieniowego o tej samej mocy ogólnej. Na tej podstawie możemy zestawić tabelę porównawczą prawdopodobnych pomiarów parametrów wybuchu neutronowego i rozszczepieniowego metodą światłotechniczną /tabela 59/.

Tabela 59

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą światłotechniczną.

Rodzaj parametru i jednostka	Błąd	Rodzaj ładunku x/	Wielkość parametru	
			Zmierzona	Faktyczna /zakłożona/
Moc, kt	10 %	R	0,45-0,55	1
		N	0,9 - 1,1	
Czas	1 s	R	$t \pm 1''$	t
		N	$t \pm 1''$	
Odległość, km	1 %	R	19,8-20,2	20
		N	19,8-20,2	
Wysokość, m	0,033%	R	143 - 157	150
		N	143 - 157	

x/ R-rozszczepieniowy, N - neutronowy, xx/ odległość.

Z tabeli 59 wynika, że metoda światłotechniczna może być wykorzystywana do wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów neutronowych. Metoda ta, podobnie jak poprzednie, nie daje możliwości odróżnienia wybuchu neutronowego od rozszczepieniowego małej mocy. Moc ogólna wybuchu neutronowego, zmierzona tą metodą jest około dwukrotnie zaniżona w stosunku do rzeczywistej.

Aktualnie w wojskach operacyjnych metodą światłotechniczną dokonywane są pomiary parametrów wybuchów jądrowych w stacji K601 S. Stacja K-601 S, wg jej danych technicznych, umożliwia pomiar parametrów wybuchów jądrowych o mocy równej i większej od 1 kt. Ponieważ wybuchy neutronowe o mocach 1 kt byłby wykrywane jako wybuchy rozszczepieniowe o mocach 0,5 kt należy sądzić, że stacja ta, ze względu na małą czułość, nie będzie rejestrować wybuchów neutronowych.

3.2.2.5. Metoda wizualna.

Wykrywanie wybuchów jądrowych metodą wizualną polega na obserwacji zjawisk fizycznych, towarzyszących wybuchom i pomiarze ich charakterystyk przy pomocy prostych przyrządów, takich jak: przyrządy kontomiercze, busole, lornety, sekundomierze itp.

Czas wybuchu odnotowuje się w chwili zauważenia błysku. Miejsce /współrzędne/ określa się na podstawie pomiaru azymutu i odległości - przy pomiarach dokonywanych z jednego punktu - lub na podstawie azymutów, zmierzonych z kilku punktów pomiarowych. Odległość od punktu pomiarowego do wybuchu oblicza się na podstawie pomiaru czasu dojścia dźwięku. Moc wybuchu określa się na podstawie pomiarów szybkości wznoszenia się obłoku pyłowego /pomiar wysokości wzniesienia się górnej krawędzi obłoku i czasu wzniesienia się na tą wysokość/ lub maksymalnych jego wymiarów /po uformowaniu się/. Rodzaj wybuchu ustala się na podstawie

kształtu obłoku pyłowego. Metodą wizualną można więc orientacyjnie oszacować wszystkie parametry naziemnego i powietrznego wybuchu jądrowego, a także niektóre parametry /czas, miejsce i rodzaj/ wybuchu podziemnego. Maksymalna odległość wykrywania wybuchów jądrowych metodą wizualną wynosi około 80 km. Zdolność rozdzielcza metody zależy od wyszkolenia obserwatorów i wynosi 1 - 2 wybuchy na 10 minut. Orientacyjne błędy pomiarów parametrów wybuchów jądrowych zestawiono w tabeli 60.

Zjawiska fizyczne obserwowane /mierzone/ metodą wizualną występują również w czasie wybuchu neutronowego. Związane są one mocą termodynamiczną wybuchu. Stąd wniosek, że metoda wizualna jest przydatna do pomiaru parametrów wybuchu neutronowego, a moc ogólna oceniona tą metodą będzie dwukrotnie niższa w stosunku do mocy faktycznej. Na tej podstawie możemy dokonać porównania prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchu neutronowego i rozszczepieniowego metodą wizualną /tabela 60/.

Tabela 60

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchów neutronowych i rozszczepieniowych metodą wizualną.

Rodzaj parametru i jednostka	Błąd	Rodzaj ładunku x/	Wielkość parametru	
			Zmierzona	Faktyczna /założona/
Moc, kt	do 100 %	R	0,1 - 2	1
		N	0,1 - 1	
Czas	ok. 1 min.	R	$t \pm 1'$	t
		N	$t \pm 1'$	
Odległość, km	do 5 %	R	19 - 21	20
		N	19 - 21	
Wysokość /rodzaj ładunku/	-	R	powietrzny	150
		N	powietrzny	

x/ R - rozszczepieniowy, N - neutronowy.

Z tabeli 60 wynika, że metoda wizualna może być przydatna do wykrywania i pomiaru parametrów wybuchu neutronowego. Metoda ta, również jak poprzednie, nie dostarcza danych do odróżnienia wybuchu neutronowego od rozszczepieniowego małej mocy, chociaż wystąpią pewne różnice w wyglądzie zewnętrznym obłoków pyłowych tych wybuchów /tabela 2/.

3.2.2.6. Porównanie przydatności różnych metod wykrywania wybuchów jądrowych do wykrywania wybuchów neutronowych.

W czasie analizy poszczególnych metod wykrywania i pomiaru parametrów wybuchów jądrowych wykazaliśmy, że metody te umożliwiają pomiar parametrów wybuchów neutronowych, jednak żadna z nich, stosowana oddzielnie, nie zapewnia uzyskania informacji o tym, że dany wybuch jest właśnie wybuchem neutronowym, a nie np. rozszczepieniowym małej mocy. W celu znalezienia sposobu na uzyskanie tej informacji zestawimy przypuszczalne rezultaty pomiarów parametrów wybuchu neutronowego uzyskane różnymi metodami /tabela 61/.

Tabela 61

Porównanie prawdopodobnych wyników pomiarów parametrów wybuchu neutronowego różnymi metodami.

Metoda	Moc, kt	Czas	Odległość, km	Rodzaj lub wysokość, m
Radiotechniczna	0,4-1,6	t	19,95-20,05	45-225
Radiolokacyjna	0,05-1	t [±] 1'	19,8 -20,2	powietrz.
Akustyczna	0,03-0,7	t [±] 3"	19 - 21	powietrz.
Światłotechniczna	0,45-0,55	t [±] 1"	19,8-20,2	143-157
Wizualna	0,1 - 1	t [±] 1'	19 - 21	powietrz.
Dane faktyczne /założone/	1	t	20	150

Z tabeli 61 zauważamy, że przy jednoczesnym zastosowaniu dwóch różnych metod, z których jedna jest metodą radiotechniczną, można spodziewać się pewnych rozbieżności w określeniu mocy. Moc wybuchu neutronowego zmierzona metodą radiotechniczną jest średnio dwukrotnie większa niż zmierzona innymi metodami. Sposób ten mógłby być wykorzystany do identyfikacji wybuchów neutronowych gdyby zapewnić lepszą dokładność pomiaru mocy wybuchu. Duży przedział niepewności w określeniu mocy wybuchu, jaki występuje w zasadzie przy wszystkich metodach, czyni go jednak mało przydatnym w praktyce.

3.3. Inżynierska rozbudowa rejonów zajmowanych przez wojska i obiekty tyłowe.

Inżynierska rozbudowa rejonów w zakresie obrony przed bronią masowego rażenia obejmuje budowę dla żołnierzy szczelin, okopów, transzei, schronów przedpiersiowych oraz schronów wyposażonych w urządzenia filtrów-wentylacyjne. Dla ochrony sprzętu bojowego i środków materiałowych buduje się różnego rodzaju ukrycia. Inżynierska rozbudowa rejonów zapewnia dobrą ochronę ludzi i sprzętu przed działaniem wszystkich czynników rażenia broni jądrowej, a więc falą uderzeniową, promieniowaniem cieplnym, promieniowaniem przenikliwym i skutkami promieniotwórczego skażenia terenu. Właściwości ochronne poszczególnych urządzeń inżynierskich przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu jądrowego /neutronowego/ są zróżnicowane w zależności od rodzaju urządzenia. Właściwości ochronne przed promieniowaniem przenikliwym charakteryzuje się współczynnikiem osłabienia promieniowania, $k_{osł}$. Określa on krotkość zmniejszenia dawki pochłoniętej przez żołnierzy w danym ukryciu, w stosunku do dawki pochłoniętej w tych samych warunkach w terenie odkrytym /poza ukryciem/. Współczynniki osłabiania promieniowania w ukryciach

związane są ze współczynnikami osłabienia promieniowania materiałów, z których te ukrycia są wykonane /rozdział I pkt.3.3.7./. Podczas opisu współczynników osłabienia promieniowania przenikliwego w materiałach osłonowych oddzielnie rozpatrywaliśmy pochłanianie promieniowania gamma i neutronowego. W rejonie wybuchu ładunku jądrowego /neutronowego/ obydwaj rodzaje promieniowania zawsze występują jednocześnie. Współczynniki osłabienia promieniowania w ukryciach są więc ilorazem sumy dawek promieniowania gamma i neutronowego poza ukryciami i sumy dawek - w ukryciach.

$$K_{osł} = \frac{D_{\gamma} + D_n}{D_{\gamma x} + D_{ux}} \quad \dots \quad 52$$

gdzie D_{γ}, D_n - dawki promieniowania gamma i neutronowego w terenie odkrytym;

$D_{\gamma x}, D_{ux}$ - dawki promieniowania gamma i neutronowego w ukryciach.

Wyznaczenie współczynników osłabiania promieniowania przenikliwego dla poszczególnych rodzajów urządzeń inżynierskich na drodze często teoretycznych wyliczeń jest w zasadzie niemożliwe. Oprócz poprzednio omówionych w rozdziale I - trudności, które dotyczą składu promieniowania przenikliwego /zmienny jest stosunek neutronów i kwantów gamma w funkcji odległości od wybuchu/, szerokiego zakresu energetycznego obu promieniowań i szerokiej wiązki promieniowania, ponadto dochodzą problemy związane ze zmiannym kątem pionowym /wysokością wybuchu/ i poziomym /kierunkiem wybuchu/ padania promieniowania, co związane jest z niejednorodnością przestrzenną właściwości ochronnych różnych rodzajów urządzeń inżynierskich.

Pionowy kąt padania promieniowania /wysokość wybuchu/ wywiera szczególnie duży wpływ na krotkość osłabienia dawki w urządzeniach typu odkrytego. W rejonie wybuchu powietrznego

większy udział w dawce sumarycznej ma promieniowanie przenikliwe pochodzące bezpośrednio od wybuchu, a w rejonie wybuchu naziemnego - promieniowanie rozproszone.

Duży wpływ poziomego kąta padania promieniowania /kierunku wybuchu/ zaznacza się w przypadkach urządzeń inżynierskich o dużej niejednorodności przestrzennej ich właściwości ochronnych, np. transzeje i rowy łączące skuteczniej chronią przed promieniowaniem jeżeli są usytuowane prostopadle do kierunku wybuchu niż równoległe lub pod niewielkim kątem, natomiast właściwości ochronne pojedynczych okopów do pozycji stojąc praktycznie nie zależą od kierunku wybuchu.

Na podstawie doświadczeń i szacunkowych obliczeń ustalono współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego w niektórych rodzajach typowych ukryć polowych /tabela 62/. Dane te dotyczą składu i energii promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego rozszczepieniowego o mocy 1 kt.

Tabela 62

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego /rozszczepieniowego/ o mocy 1 kt, niektórych typowych ukryć polowych.

Rodzaj urządzenia /ukrycia/	Rodzaj wybuchu /wysokość, H, m/t	$K_{osł}$
Transzeje i rowy łączące o profilu podstawowym	naziemny	2
	powietrzny	1,8
Transzeje i rowy łączące o profilu pełnym oraz okopy na 2-3 ludzi do pozycji stojąc	naziemny	4
	powietrzny	3
Pojedyncze okopy do pozycji stojąc	naziemny	6
	powietrzny	5
Schrony przedpiersiowe	0 - 7	1300
	12	1100
	20	500

Bardzo orientacyjny charakter współczynników osłabienia promieniowania przenikliwego, przyjmowanych dla różnych rodzajów urządzeń inżynierskich /danych w tabeli 60/, można zilustrować na następującym przykładzie.

Dla transzei i rowów łączących o profilu podstawowym zwykle przyjmuje się krotność osłabienia dawki promieniowania przenikliwego od wybuchu jądrowego małej mocy: 1,8 - w przypadku wybuchu powietrznego i 2 - w przypadku wybuchu naziemnego. Jeżeli jednak kierunek padania promieniowania jest równoległy do transzei /rowu/ to współczynnik w obu przypadkach jest bliski jedności /urządzenia te nie chronią zupełnie przed promieniowaniem/. Jeżeli natomiast promieniowanie przenikliwe pada pod kątem 45-90 stopni, to w przypadku wybuchu naziemnego krotność osłabienia dawki wynosi: na wysokości przedpiersia/w pozycji stojącej/ 1,5-2, na wysokości 1 m do dna/pozycja siedząca/ 3-5 i na wysokości 30 cm od dna /pozycja leżąca/ 15-20.

Powyższy przykład ilustruje dobitnie, że pojęcie współczynnika osłabienia promieniowania ma sens jedynie w znaczeniu statystycznym, przy masowości rozpatrywanych zjawisk, a obliczanie go tylko na podstawie właściwości ochronnych materiałów użytych do budowy danego ukrycia i jego geometrii zupełnie mija się z celem.

Pamiętając o tych ograniczeniach dokonamy obecnie oszacowania właściwości ochronnych niektórych urządzeń inżynierskich w stosunku do promieniowania przenikliwego, pochodzącego od wybuchu ładunku neutronowego.

Oszacowanie to jest możliwe przy założeniu, że wszystkie wyżej opisane czynniki, wpływające na krotność osłabienia promieniowania przenikliwego rozszczepienia, /kształt, kierunek/, dotyczą również promieniowania przenikliwego syntezy, przy czym wybuch neutronowy można rozpatrywać jako powietrzny wybuch jądrowy małej mocy, a różnice w pochłanianiu obu promieniowań wynikają

jedynie z różnic we właściwościach ochronnych materiałów konstrukcyjnych w stosunku do promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy.

W tym celu wyznaczmy ze wzorów typu 36 wartość zmiennej niezależnej x dla promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy:

$$x = \frac{\lg k_r \cdot d_r}{\lg 2} \dots 53$$

$$x = \frac{\lg k_s \cdot d_s}{\lg 2} \dots 54$$

Porównując prawe strony równań 53 i 54 otrzymamy:

$$\lg k_s = \lg k_r \frac{d_r}{d_s} \dots 55$$

- gdzie: k_r - współczynnik osłabienia promieniowania przenikliwego rozszczepienia;
- k_s - współczynnik osłabienia promieniowania przenikliwego syntezy;
- d_r - uśredniona warstwa pochłaniania promieniowania przenikliwego /gamma i neutronowego/ rozszczepienia;
- d_s - uśredniona warstwa pochłaniania przenikliwego syntezy.

Za uśrednioną warstwą pochłonną promieniowania przenikliwego rozszczepienia możemy przyjąć średnią arytmetyczną warstw pochłonných neutronów i kwantów gamma, ponieważ udział obu rodzajów promieniowania w tworzeniu dawki sumarycznej, przy dawkach kilkuset rentgenów, jest w przybliżeniu taki sam. W uśrednionej warstwie pochłonnej syntezy należy uwzględnić

większy udział neutronów w tworzeniu dawki sumarycznej. W szerokim zakresie pola rażenia promieniowania przenikliwego udział neutronów w tworzeniu dawki sumarycznej w terenie odkrytym jest około 10 krotnie większy. Udział ten jednak znacznie zmniejsza się jeżeli uwzględnimy większe pochłanianie neutronów niż kwantów gamma i generowanie promieniowania gamma w grubych osłonach. Do praktycznych obliczeń przyjmujemy uśrednioną warstwę pochłonną promieniowania przenikliwego syntezy równą $0,3 d_{\gamma_s} + 0,7 d_{n_s}$.

Po podstawieniu uśrednionych warstw pochłonnych promieniowania przenikliwego rozszczepienia i syntezy do wzoru 55 otrzymamy:

$$\lg k_s = \lg k_r \frac{0,5/d_{\gamma_r} + d_{n_r}}{0,3 d_{\gamma_s} + 0,7 d_{n_s}} \dots \quad 56$$

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego syntezy /w rejonie wybuchu ładunku neutronowego/, obliczone na podstawie wzoru 56 oraz danych zawartych w tabeli 19, zestawione zostały w tabeli 61.

Tabela 63

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego syntezy /wybuchu neutronowego/

Rodzaj urządzenia /ukrycia/	$K_{osł}$
Transzeje i rowy łączące o profilu podstawowym	1,6
Transzeje i rowy łączące o profilu pełnym oraz okopy na 2-3 ludzi do pozycji stojąc	2,6
Pojedyncze okopy do pozycji stojąc	4
Schrony przedpiersiowe	200 - 500

Z porównania danych, zamieszczonych w tabelach 62 i 63 wynika, że właściwości ochronne urządzeń inżynierskich przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego nieco pogarszają się w porównaniu z ładunkiem rozszczepieniowym. Niemniej urządzenia te odgrywają ważną rolę w ochronie ludzi przed skutkami rażącego działania broni neutronowej.

Transzeje, rowy łączące i okopy w znacznie mniejszym stopniu zmniejszają dawkę promieniowania przenikliwego niż schrony. Stosowanie ich do ochrony przed bronią neutronową jest jednak z wielu względów celowe. Przede wszystkim dlatego, że są to najprostsze i masowe urządzenia obronne. Urządza się je siłami własnymi pododdziałów w dowolnych sytuacjach bojowych. Łatwo można również mechanizować prace ziemne. Urządzenia te nie wymagają dowozu specjalnie przygotowanych materiałów, a szeroko wykorzystuje się przy ich wykonywaniu zasoby miejscowe.

Sposoby wykonywania transzei, rowów łączących i okopów do obrony przed bronią neutronową nie różnią się od sposobów dotychczas stosowanych, określonych w instrukcjach wojsk inżynierskich. Transzeje i rowy łączące powinny posiadać dużą ilość załamań, które zwiększają ochronę ludzi przed promieniowaniem przenikliwym, promieniowaniem cieplnym i częściowo przed falą uderzeniową, szczególnie w przypadkach kiedy kierunek wybuchu jest równoległy do transzei /rowu/. W miarę możliwości czasowych, i materiałowych należy wykonywać przykryte odcinki transzei i odzianie ścian. Przykrycia powinny być dostatecznie wytrzymałe na impuls nadciśnienia fali uderzeniowej. Odzianie transzei należy zabezpieczać przed zapaleniem się od impulsu promieniowania cieplnego.

Szczeliny odkryte i przykryte znajdują szerokie zastosowanie na stanowiskach ogniowych artylerii i czołgów, w rejonach rozmieszczenia wojsk, w rejonach postoju środków transportowych, w obiektach tyłowych itp. Urządza się je zwykle głębokości 1,5m.

W lekkich i średnich gruntach ścianki szczelin powinny być odziane. Właściwości ochronne szczelin w przybliżeniu są takie same jak transzei i rowów łączących. Szczeliny przykryte całkowicie chronią przed promieniowaniem cieplnym, a przy przykryciu warstwą ziemi 0,3 - 0,6 m obniżają dawki promieniowania przenikliwego ładunku neutronowego 10 - 30 razy. Ciśnienie fali uderzeniowej w szczelinach przykrytych jest w zasadzie takie samo jak na powierzchni ziemi.

Schrony przedpiersiowe są dla żołnierzy najprostszym ukryciem zbiorowym o konstrukcji zamkniętej. Chronią one skutecznie przed wszystkimi czynnikami rażenia broni jądrowej. Buduje się je nie tylko w systemie transzei i rowów łączących, lecz także na stanowiskach ogniowych artylerii i pododdziałów czołgów oraz w rejonach rozmieszczenia wojsk i obiektów tyłowych. Schrony przedpiersiowe wykonywane są w zasadzie przez pododdziały własnymi siłami.

Właściwości ochronne schronów przedpiersiowych zwykle określa się ich odpornością na zniszczenie /uszkodzenie/ impulsem nadciśnienia fali uderzeniowej.

Chcąc zapewnić ochronę znajdujących się w schronach przedpiersiowych żołnierzy przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu jądrowego /rozszczeniowego/ w tych odległościach od punktu zerowego wybuchu, w których schrony te chronią przed falą uderzeniową, przykrywa się je warstwą ziemi o grubości 0,8-0,9 m. Przyjmując te same kryteria podczas przygotowania schronów przedpiersiowych do ochrony przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego, należy uwzględnić skrócenie promienia strefy zniszczeń i uszkodzeń schronów falą uderzeniową oraz pewne pogorszenie właściwości ochronnych warstwy ziemi. Celowe jest więc zwiększenie grubości warstwy ziemi do 1 - 1,3 metra, co zapewni uzyskanie ponad 500-krotnego współczynnika osłabienia dawki.

Maksymalna wymagana krotność osłabienia dawki promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego jest rzędu $10^4 - 10^6$. Taką ochronę ludzi przed promieniowaniem przenikliwym mogą zapewnić schrony stałe. W technice reaktorowej realizowane są osłony betonowe zapewniające krotność osłabienia dawki przeciętnie 10^8 . Nie ma więc przeszkód technicznych, które uniemożliwiłyby zbudowanie schronów stałych zapewniających pełną ochronę ludzi przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego. W praktyce schrony stałe mogą być budowane na obszarze kraju dla potrzeb OTK i OC.

3.4. Prognozowanie stref /rejonów/ porażień, skażeń, zniszczeń i pożarów.

Strefy /rejon/ porażień, skażeń, zniszczeń i pożarów prognozuje się po użyciu przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia. Celem prognozy jest określenie możliwych strat ludzi, sprzętu bojowego i środków materiałowych, ocena przydatności terenu do działań bojowych, a także orientacyjne określenie rodzaju i zakresu prac związanych z likwidacją skutków użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia.

Podczas prognozowania skutków uderzeń jądrowych określa się:

- strefy porażień ludzi poza ukryciami i w różnorodnych ukryciach;
- strefy zniszczeń i uszkodzeń /utruty właściwości użytkowych i bojowych/ sprzętu bojowego;
- strefy zniszczeń i uszkodzeń /utruty właściwości użytkowych / urządzeń inżynierskich;
- strefy skażeń promieniotwórczych terenu;
- strefy zniszczeń terenowych i zawałów w lasach;
- strefy pożarów.

W rozdziale pierwszym wykazaliśmy, że w rejonie wybuchu ładunku neutronowego występują wszystkie czynniki rażenia broni

jądrowej, t.j. fala uderzeniowania, promieniowanie ciepłe, promieniowanie przenikliwe i skażenie promieniotwórcze terenu, jednak strefy porażień, skażeń, zniszczeń i pożarów mają inne wymiary niż w rejonie wybuchu jądrowego /rozszczepieniowego/ małej mocy. Z powyższego wstępnie można założyć, że w warunkach stosowania broni neutronowej problematyka wchodząca w zakres prognozowania skutków uderzeń jądrowych i metodyka prowadzenia prognozy dotyczy również broni neutronowej, jednak mało przydatne staną się tabele nomogramy, wykresy i inne materiały pomocnicze, stosowane obecnie do prognozowania strat, skażeń, zniszczeń i pożarów.

Celem sprawdzenie tych założeń oraz określenia zakresu stosowalności dotychczasowych materiałów przeanalizujemy kolejno problematykę prognozowania strat, skażeń, zniszczeń i pożarów w warunkach użycia broni neutronowej.

3.4.1. Prognozowanie stref porażień ludzi poza ukryciami i w różnorodnych ukryciach.

W rozdziale drugim wyznaczaliśmy strefy rażenia ludzi poza ukryciami ładunkiem neutronowym o mocy 1 kt jako funkcję wysokości wybuchu /tabela 32/ oraz współczynniki skrócenia promieni stref porażień ludzi w ukryciach /tabela 33/.

Korzystanie z tych danych podczas prognozowania stref porażień stanu osobowego pododdziałów jest uciążliwe, a uzyskane rezultaty są niezbyt przydatne do praktycznego wykorzystania. Duża dokładność wyników jest również tylko pozorna. Wynika to przede wszystkim stąd, że na polu walki nigdy nie otrzymamy zbyt dokładnych danych o współrzędnych, mocy i wysokości wybuchu /patrz wnioski do pkt. 2 niniejszego rozdziału/ oraz o aktualnym rozmieszczeniu ludzi w terenie i w różnorodnych ukryciach.

Na podstawie tabel 32 i 33 sporządzona została tabela promieni porażień ludzi w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt,

która może być przydatna w praktycznym posługiwaniu się w procesie prognozowania w przypadku posiadania dokładnych danych o parametrach wybuchu i obiekcie uderzenia neutronowego /tabela 64/.

Tabela 64

Promienie stref porażenia ludzi w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, rozmieszczonych poza ukryciami i w nich -
których rodzajach typowych ukryć.

Rodzaj ukrycia	Promień strefy /m/ powstania strat:			
	Natychmiastowych/do 15 min/	Późnych:		
		po 1 godz.	po 1 dobie	po 1 - 2 tygod.
Poza ukryciami, w transporterach opancerzonych typu odkrytego i w samochodach.	940	1380	1520	1560
W transporterach opancerzonych typu zakrytego i w bojowych wozach piechoty.	930	1360	1500	1540
W transzejach i rowach łączących o profilu podstawowym.	880	1300	1430	1480
W czołgach bez osłon przeciwnutronowych.	850	1250	1380	1410
W transzejach i rowach łączących o profilu pełnym oraz w okopach do pozycji stojąc na 2-3 ludzi.	820	1210	1330	1370
W pojedynczych okopach do pozycji stojąc	740	1180	1200	1240
W czołgach z osłonami przeciwnutronowymi.	680	1010	1100	1150
W schronach przedpiersiowych.	290	430	470	490

Jeżeli porównamy promienie rażenia ludzi w terenie odkrytym i w różnego rodzaju ukryciach w rejonach wybuchu ładunku neutronowego z odpowiednimi promieniami rażenia w rejonach wybuchów jądrowych /rozszczeniowych/^{x/} to okazuje się, że promień rażenia ludzi ładunku neutronowego o mocy 1 kt odpowiada promieniowi rażenia ładunku jądrowego /rozszczeniowego/ o mocy:^{xx/}

- około 5 kt, w przypadku rozmieszczenia ludzi poza ukryciami, w samochodach i transporterach opancerzonych typu odkrytego;

- około 30 kt, w przypadku rozmieszczenia żołnierzy w transporterach opancerzonych typu zakrytego i w bojowych wozach piechoty;

- około 10 kt, w przypadku rozmieszczenia żołnierzy w urządzeniach fortyfikacyjnych typu odkrytego;

- około 50 kt, w przypadku rozmieszczenia żołnierzy w czołgach bez osłon przeciwneutronowych;

- około 20 kt, w przypadku rozmieszczenia żołnierzy w czołgach z osłonami przeciwneutronowymi;

- około 20 kt, w przypadku rozmieszczenia żołnierzy w schronach przedpiersiowych.

Do powyższych porównań przyjmowano różną wysokość wybuchu ładunku rozszepieniowego, dobierając ją tak, aby przy danym promieniu rażenia ładunek był minimalny.

Przedstawione dane porównawcze umożliwiają w procesie prognozowania stref porażenia ludzi w rejonach uderzeń jądrowych wykorzystywać tabele dotyczące ładunków rozszepieniowych, dobierając ekwiwalentną moc wybuchu w zależności od rodzaju ukrycia ludzi.

x/ Metodyka prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych. Cz.I. Wyd. MON, Warszawa 1977 r.

xx/ Dane dotyczące strat po 1 - 2 dobach.

Często w procesie prognozowania i oceny porażień ludzi w rejonach uderzeń jądrowych interesuje nas stopień obezwładnienia typowego obiektu uderzenia, tj. pododdziału typu: bp, bcz /bcz/ , da itp. Jeżeli porównamy wielkość stref porażień z rozmiarami tych obiektów /wielkość rejonu ześrodkowania, obrony, długość kolumny itd./ to okazuje się, że każde uderzenie neutronowe, wykonane na pododdział typu batalionu /dywizjonu/ pozbawia go zdolności bojowej. Informacja ta jest szczególnie przydatna do wstępnej oceny zdolności bojowej związków taktycznych i związków operacyjnych po zmasowanym użyciu przez nieprzyjaciela broni jądrowej, a w tym i neutronowej oraz w przypadku braku dokładnej informacji o parametrach wybuchu i rozmieszczeniu obiektu uderzenia neutronowego.

3.4.2. Prognozowanie stref utraty właściwości użytkowych i bojowych sprzętu bojowego.

W rozdziale pierwszym wykazaliśmy, że w procesie oceny przydatności użytkowej sprzętu bojowego w rejonie uderzenia neutronowego należy uwzględniać działanie na sprzęt fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego. W związku z tym, za strefę utraty właściwości użytkowych sprzętu będziemy przyjmować obszar w rejonie wybuchu, w którym następują średnie uszkodzenia mechaniczne /dla rakiet i samolotów - lekkie /, zniszczenie urządzeń radioelektronicznych i aktywacja sprzętu powyżej dopuszczalnych norm, przy czym strefa aktywacji warunkowana jest ponad tygodniową niebezpieczną aktywnością sprzętu.

Promienie stref utraty właściwości użytkowych i bojowych sprzętu , z uwzględnieniem działania fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego, zilustrowano w tabeli 65.

Tabela 65

Promienie stref utraty właściwości użytkowych i bojowych sprzętu /m/ w wyniku łącznego działania fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

Rodzaj sprzętu	Rodzaj uszkodzeń/zniszczeń/		
	Zniszczenie /uszkodzenie/ mechaniczne	Zniszczenie układów radioelektronicznych	Niebezpieczna aktywacja stali
Czołgi ciężkie i średnie	200	-	450
Czołgi lekkie	280	200	450
Transportery opancerzone i BWP	360	200	450
Działa artylerii samobieżnej	280	200	150
Działa artylerii ciągnionej	280	-	-
Moździerze	280	-	-
Działa bezodrzutowe	610	-	-
Ciągniki artyleryjskie gąsienicowe	470	-	-
Ciężkie karabiny maszynowe	380	-	-
Samochody	470	-	-
Autobusy	680	-	-
Stacja radiolokacyjna typu SON - 1	470	430	-
Stacje radiolokacyjne typu P-12M i P - 15	740	430	-
Stacje radiolokacyjne typu PAB-10 i P-20	850	430	-
Radiostacje przenośne	280	430	-
Radiostacje na samochodach	680	430	-
Rakiety balistyczne i skrzydlate	610	430	-

x/ Uwzględnia się osłabienie neutronów w pancerniu.

Z tabeli 65 wynika, że dla większości nieopancerzonego sprzętu bojowego maksymalny promień strefy utraty właściwości użytkowych uwarunkowany jest zasięgiem rażącego działania fali uderzeniowej.

Wpływ promieniowania przenikliwego na urządzenia radioelektroniczne należy uwzględniać przy prognozowaniu stref zniszczeń radiostacji przenośnych, a aktywację - przy sprzęcie pancernym i opancerzonym.

Jakkolwiek po przeprowadzeniu bardziej dokładnych badań^{x/} dane cyfrowe dotyczące promieni stref aktywacji sprzętu, mogą ulec zmianie, to prawdopodobnie maksymalne promienie stref utraty właściwości użytkowych sprzętu pancernego i opancerzonego uwarunkowane będą aktywacją jego elementów konstrukcyjnych powyżej dopuszczalnych norm.

Do prognozowania stref utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego, na użyteczność którego wywiera niewielki wpływ promieniowanie przenikliwe, można korzystać z tabel dotyczących powietrznych uderzeń jądrowych /rozszczeniowych/, przyjmując każdorazowo około dwukrotne zmniejszenie mocy ogólnej wybuchu. Na przykład w celu wyznaczenia strefy zniszczeń samochodów w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt odczytujemy z tabeli 20 "Metodyki prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych" cz.I. /wyd. 1977 r. tabela 20, s. 105/ promień strefy zniszczeń samochodów w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego o mocy 0,5 kt. Promień ten wynosi 460 m /dla $\bar{H} = 12 \text{ m/t}^{1/3}$ / i 490 m /dla $\bar{H} = 20 \text{ m/t}^{1/3}$ /. Porównując otrzymane wyniki z danymi dotyczącymi ładunku neutronowego o mocy 1 kt /tabela 63/ gdzie promień ten równy jest 470 m, stwierdzamy ich dobrą zgodność.

x/ Problem ten wymaga badań eksperymentalnych z wykorzystaniem wiązki neutronów o widmie zbliżonym do tego, jakie charakterystyczne jest dla wybuchu neutronowego.

3.4.3. Prognozowanie stref utraty właściwości użytkowych urządzeń inżynierskich.

W rozdziale drugim wykazaliśmy, że główną przyczyną zniszczeń i uszkodzeń urządzeń fortyfikacyjnych zapór drutowych i min w rejonie wybuchu neutronowego jest działanie fali uderzeniowej. Do prognozowania stref utraty właściwości użytkowych urządzeń inżynierskich możemy więc bezpośrednio wykorzystywać dane zamieszczone w tabeli 49 lub korzystać z tabel opracowanych dla wybuchów jądrowych /rozszczeniowych/, przyjmując moc o połowę mniejszą i wysokość zredukowaną wybuchu $12 - 20 \text{ m} \cdot \text{t}^{-1/3}$.

3.4.4. Prognozowanie stref skażeń promieniotwórczych terenu.

Skażenie promieniotwórcze po naziemnym wybuchu jądrowym następuje zarówno w rejonie wybuchu jak i na śladzie przemieszczenia się obłoku promieniotwórczego, a po powietrznym - tylko w rejonie wybuchu. Wybuch neutronowy zaliczyliśmy do powietrznych; stąd wniosek, że skażenie promieniotwórcze powstaje tylko w rejonie wybuchu i nie tworzy się ślad obłoku promieniotwórczego.

W terenie skażonym pyłem promieniotwórczym, w zależności od stopnia skażenia, wyróżnia się cztery strefy:

- strefę umiarkowanego skażenia /strefę A/;
- strefę silnego skażenia /strefę B/;
- strefę niebezpiecznego skażenia /strefę C/;
- strefę szczególnie niebezpiecznego skażenia /strefę D/.

Poszczególne strefy skażenia promieniotwórczego terenu charakteryzuje dawka promieniowania w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych $/D_{\infty} /$.

Na zewnętrznej granicy strefy umiarkowanego skażenia dawka promieniowania w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych wynosi 40 R, na wewnętrznej - 400 R. W strefie tej żołnierze nie ukryci w ciągu pierwszych kilku dni po wybuchu otrzymują dawki powodujące utratę zdolności bojowej. Okresowe wykorzystywanie przez żołnierzy ruchomych i stacjonarnych ukryć przed promieniowaniem /samochodów, transporterów, czołgów, okopów, transzei, szczelin itp./ zapewnia przebywanie /działanie/ w tej strefie bez narażenia się na niebezpieczeństwo utraty zdolności bojowej.

Na granicach strefy silnego skażenia dawka w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych wynosi 400 R /granica zewnętrzna/ i 1200 R /granica wewnętrzna/. W strefie tej wszyscy żołnierze nie ukryci tracą zdolność bojową w ciągu pierwszych 12 godzin po wystąpieniu skażenia.

Na granicach strefy niebezpiecznego skażenia dawka w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych wynosi 1200 R/granica zewnętrzna/ i 4000 R/granica wewnętrzna/. W strefie tej następuje ciężkie porażenie żołnierzy poza ukryciami nawet w czasie krótkotrwałego działania, w szczególności w ciągu kilku pierwszych dni po wybuchu.

Na granicy zewnętrznej strefy szczególnie niebezpiecznego skażenia dawka w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych wynosi 4000 R, a w środku strefy około 10 000 R. W strefie tej czołgi i murowane domy /piwnice/ nie zabezpieczają przed porażeniem. Kilkogodzinne działanie w tej strefie poza ukryciami, bez niebezpieczeństwa narażenia się na utratę zdolności bojowej, możliwe jest nie wcześniej jak po 3 - 4 dobach.

Granice zewnętrzne poszczególnych stref skażeń promieniotwórczych w rejonach wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, ustalone na podstawie wykresu zależności dawki pochłanianej w czasie całkowitego rozpadu substancji promieniotwórczych od

punktu zerowego /rys. 19/, przedstawiono w tabeli 66.

Tabela 66

Promienie granicy zewnętrznej stref skażeń promieniotwórczych w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

Wysokość wybuchu, m	Promień granicy zewnętrznej strefy /m/:		
	A	B	C
150	470	230	120
300	390	100	-
450	120	-	-

Z tabeli 66 zauważamy, że wybuchy neutronowe wykonywane na najbardziej prawdopodobnej wysokości /150 - 300 m/ będą powodowały pewne skażenie terenu w pobliżu punktu zerowego wybuchu. Będzie więc istniała konieczność rozpoznania i oznaczenia terenu skażonego. Strefy silnych i niebezpiecznych skażeń będą jednak obejmowały niewielkie obszary, których pokonanie na dowolnych środkach transportowych lub obejście nie będzie przedstawiało większego problemu, a strefa skażeń szczególnie niebezpiecznych /strefa D/ nie wystąpi w ogóle.

Uwzględniając ponadto fakt, że stref umiarkowanych skażeń promieniotwórczych /stref A/ w wojskach operacyjnych nie prognozuje się, a teren objęty tymi strefami uważamy jest za przydatny do działań wojsk /przy zachowaniu koniecznych środków bezpieczeństwa/, dochodzimy do wniosku, iż skażenie promieniotwórcze terenu w rejonie wybuchu neutronowego będzie problemem wyłącznie taktycznym, a ściślej - interesującym pododdziały. Strefy skażeń promieniotwórczych po wybuchach neutronowych nie będą wywierać żadnego wpływu na wykonywanie zadań przez oddziały, a tym bardziej związki taktyczne i związki operacyjne.

Jak wiadomo, prognozowanie stref skażeń promieniotwórczych terenu prowadzi się w zasadzie od szczebla związku taktycznego wzwyż i w ograniczonym zakresie w oddziale. Stąd wniosek, że nie istnieje potrzeba prognozowania stref skażeń promieniotwórczych w rejonach uderzeń neutronowych.

3.4.5. Prognozowanie stref zniszczeń terenowych i zawał w lasach.

Prognozowanie stref zniszczeń terenowych i zawał w lasach prowadzi się w wojskach operacyjnych w celu oceny przydatności terenu do prowadzenia działań bojowych. Teren w strefach zniszczeń ocenia się głównie z punktu widzenia jego przejezdności i przydatności do rozmieszczenia wojsk.

W rejonie wybuchu jądrowego można wyróżnić trzy strefy zniszczeń: lekkich, silnych i całkowitych, jednak ze względu na to, że w strefie zniszczeń lekkich teren jest ogólnie przejezdny /drogi i urządzenia drogowe nadają się do ruchu kolumn o trakcji kołowej i gąsienicowej/ prognozuje się tylko strefy zniszczeń silnych i całkowitych.

W strefie silnych zniszczeń nadciśnienie fali uderzeniowej waha się w granicach od 0,3 do 1,2 kg/cm^2 . W strefie tej większość budynków ulega zniszczeniu lub poważnym uszkodzeniom. Ulice i drogi ulegają w znacznej części zagruzowaniu i zatarasowaniu przez powalone wysokie przedmioty. Na ponad 60 % powierzchni lasów następują zawały przestrzenne.^{x/} Teren posiada znacznie ograniczoną przejezdność i małą przydatność do prowadzenia działań bojowych.

W strefie zniszczeń całkowitych nadciśnienie fali uderzeniowej na zewnętrznej granicy wynosi 1,2 kg/cm^2 . Wnętrze strefy

x/ Porównaj rozdział I pkt. 4.6.

stanowi punkt zerowy wybuchu. W strefie tej wszystkie naziemne obiekty ulegają zniszczeniu lub poważnym uszkodzeniom, wykluczającym ich naprawę. Tylko niektóre urządzenia podziemne /np. kable, rurociągi, przewody kanalizacyjne/ mogą w pobliżu zewnętrznej granicy strefy nie ulec zniszczeniu. Las ulega całkowitemu zniszczeniu. Teren jest zupełnie nieprzejezdny dla kolumn o trakcji kołowej i gąsienicowej i nieprzydatny do działań wojsk.

W tabeli 67 przedstawione zostały prawdopodobne wymiary zewnętrznych granicy poszczególnych stref zniszczeń terenowych. W rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, wykonanego na wysokościach 150 i 300 m. Tabela wykonana została na podstawie przewidywanego impulsu nadciśnienia w rejonie wybuchu neutronowego /rys. 4/.

Tabela 67

Promień zewnętrznej granicy stref zniszczeń terenowych i zawał w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

Rodzaj zniszczeń /nadciśnienie w kg/cm^2 /	Wysokość wybuchu, m	
	150	300
Silne zniszczenie w osiedlach i na drogach, zawały przestrzenne w lasach /0,3/	530	450
Całkowite zniszczenie lasu /0,5/	380	260
Zniszczenie całkowite w osiedlach i na drogach /1,2/	200	-

Z rozmiarów stref zniszczeń terenowych, zamieszczonych w tabeli 67 wynika, że zniszczenia te nie będą wywierać istotnego wpływu na działania bojowe wojsk. Obejście lub pokonanie strefy zniszczeń nie będzie stanowiło większego problemu dla oddziałów i związków taktycznych. Analogicznie więc jak w przypadku skażeń promieniotwórczych, nie istnieje potrzeba prognozowania stref zniszczeń terenowych w rejonach uderzeń neutronowych.

3.4.6. Prognozowanie pożarów.

W procesie prognozowania sytuacji pożarowej w rejonach uderzeń jądrowych określa się:

- strefy pożarów przestrzennych i punktowych;
- kierunki i prędkości rozprzestrzeniania się pożarów;
- maksymalne strefy rozprzestrzeniania się pożarów, ograniczone naturalnymi rubieżami zatrzymania ognia;
- czasy dojścia pożarów do określonych rejonów i rubieży;
- czas trwania pożarów;
- strefy rozprzestrzeniania się dymu.

Powyższa problematyka, jak teży metodyka prognozowania pożarów w rejonach uderzeń jądrowych, dotyczy również broni neutronowej. Różnice sprowadzają się do innych/ mniejszych/ stref pożarów przestrzennych i punktowych w rejonie wybuchu neutronowego w porównaniu z rozszczepieniowym o tej samej mocy. Promienie zewnętrzne stref pożarów osiedli, lasów i suchej roślinności zestawiono w tabeli 68.

Tabela 68

Orientacyjne promienie stref pożarów przestrzennych w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

Rodzaj strefy pożarów	Wysokość wybuchu, m	
	150	300
Pożary lasów	400	300
Pożary suchej roślinności	530	450
Pożary osiedli	500	420

Z tabeli 68 wynika, że strefy pożarów przestrzennych w rejonie wybuchu neutronowego osiągają niezbyt duże wymiary i nie będą wywierać istotnego wpływu na działania bojowe wojsk.

Należy jednak pamiętać, że nawet przy niewielkich pierwotnych źródłach ognia w przypadku suchej, letniej pogody pożar może rozprzestrzeniać się na znacznych obszarach i stworzyć zagrożenie dla wojsk oraz ograniczyć swobodę działań. Wynika z tego wniosek, że sytuacja pożarowa powinna być brana pod uwagę w procesie prognozowania skutków uderzeń neutronowych.

3.4.7. Zasady graficznego zobrazowywania uderzeń neutronowych.

Zasady graficznego zobrazowywania uderzeń neutronowych i prognozowania stref porażen, skażeń, zniszczeń i pożarów ustalimy na podstawie analizy aktualnie przyjętych sposobów zobrazowywania uderzeń jądrowych.

W zobrazowywaniu graficznym skutków uderzenia jądrowego wykorzystuje się znaki, symbole i skróty zawarte w obowiązujących zbiorach znaków i skrótów taktycznych. Dopuszczalne jest stosowanie dodatkowych symboli, jednak każdorazowo należy je opisywać o legendzie.

Mapa /kalka/ powinna zawierać niezbędne dane do oceny zdolności bojowej wojsk w rejonach uderzeń i dane do oceny terenu z punktu widzenia jego przydatności do działań bojowych i prowadzenia akcji ratowniczej.

Na mapie w skali 1 : 500 000 i o mniejszej dokładności uderzenia jądrowe nanosi się znakiem taktycznym i obok opisuje się jego parametry /moc, rodzaj i czas wybuchu/. Wielkość znaku zwykle różnicuje się w zależności od mocy ładunku.

Na mapie w skali 1 : 200 000 wrysowuje się:

- miejsce wybuchu - jak wewnętrzna część znaku taktycznego;
- strefę skażenia promieniotwórczego terenu w rejonie wybuchu /tylko w przypadkach wybuchów naziemnych i podziemnych/;

- łączną strefę całkowitych i silnych zniszczeń terenowych / $\Delta p_f = 0,3 \text{ kG/cm}^2$ /;

- strefę pożarów przestrzennych w osiedlach, lasach i suchej roślinności /w zależności od pokrycia terenu/

Na mapie w skali 1 : 100 000 nanosi się w/w dane, a ponadto:

- strefę utraty zdolności bojowej stanu osobowego;
- strefę utraty właściwości użytkowych podstawowego sprzętu /np. czołgów, transporterów opancerzonych, samochodów, dział itp. w zależności od rodzaju obiektu/.

Związek taktyczny, gdzie stosuje się mapy w skali 1 : 100 000, jest w zasadzie najniższym ogniwem, w którym prognoza skutków w rejonach uderzeń jądrowych jest niezbędnym źródłem informacji o sytuacji taktycznej i który dysponuje specjalistycznym organem wykonawczym /SOAS/.

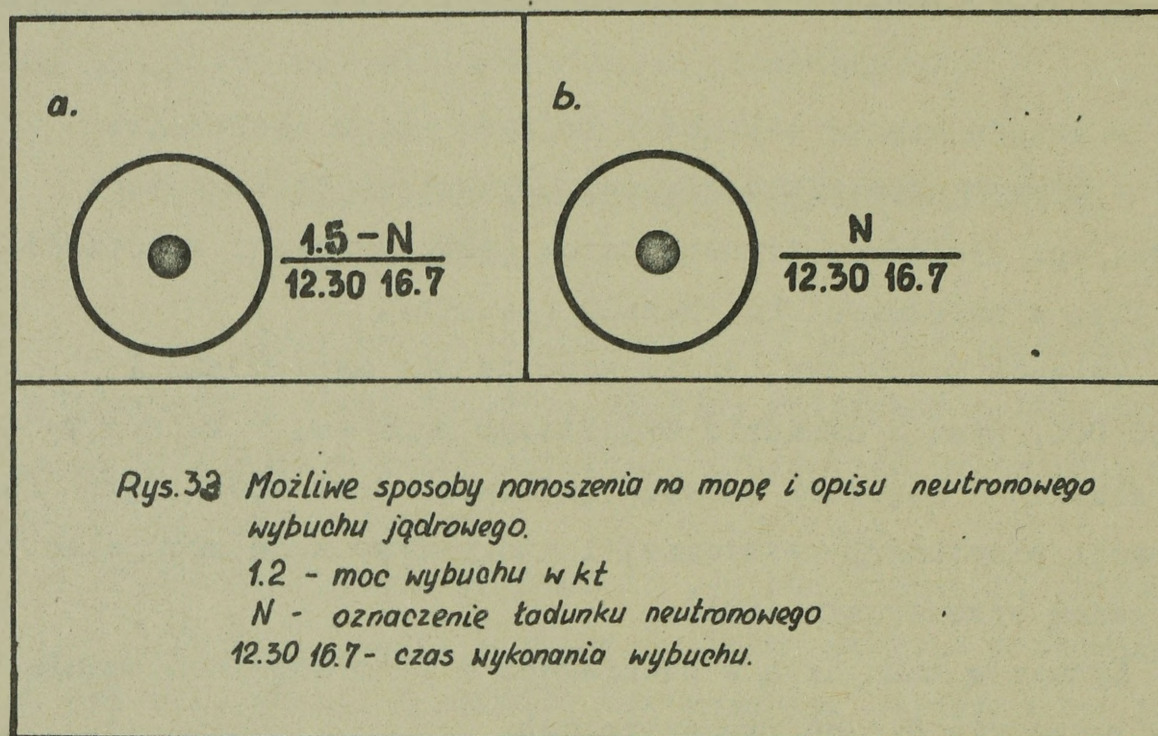
Sytuacją taktyczną w oddziałach i pododdziałach ocenia się na podstawie danych rzeczywistych.

Sztaby oddziałów /pododdziałów/ oraz dowódcy grup /oddziałów/ ewakuacyjno-ratunkowych różnych szczebli dokonują prognozy w rejonie jednego uderzenia jądrowego /niekiedy 2 - 3/ w celu zaplanowania akcji ratowniczej. Prognoza ta, wykonywana na mapach w skali 1 : 50 000 i o większej dokładności, może zawierać różnorodne informacje o skutkach uderzenia jądrowego /np. izolinie mocy dawek, kilka stref zniszczeń itp./.

Z tabel 64 - 69 wynika, że większość stref porażen, zniszczeń i pożarów w rejonie uderzenia neutronowego ma niewielkie wymiary, a niektóre z nich nie występują w ogóle.

W związku z tym, większość informacji o skutkach uderzenia neutronowego nie da się przedstawić graficznie na mapie mniej dokładnej niż w skali 1 : 100 000. Wydaje się więc celowe, aby na mapach /kalkach/ w skali 1 : 200 000 i mniej dokładnych uderzenia neutronowe nanosić tylko znakiem taktycznym

wybuchu jądrowego. Wielkość znaku należy stosować taką jak dla uderzenia jądrowego małej mocy. Różnica zawierałaby się tylko w opisie znaku. Proponowany sposób nanoszenia uderzenia neutronowego na mapę przedstawiono na rysunku 33.



Na rysunku 33 zaproponowano dwa sposoby opisu uderzenia neutronowego. Jeżeli posiadamy informacje o mocy wybuchu /rys. 33 a/ to zapisujemy ją na dotychczasowych zasadach /1,50 oznacza 1,5 kt/, natomiast w miejscu rodzaju wybuchu wpisujemy rodzaj ładunku /N-oznacza neutronowy/. Jeżeli brak jest informacji o mocy wybuchu lub wiadomo, że moc jest ok. 1 kt można zapisać tylko rodzaj ładunku /rys. 33 b/. W świetle przedstawionych w punkcie 3.2. aktualnych możliwości pomiaru mocy wybuchów, opis znaku zamieszczony na rys. 32 b należy uznać za podstawowy.

3.5. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych sprzętu i terenu do ochrony przed bronią neutronową.

3.5.1. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami do ochrony przed bronią neutronową.

Indywidualne środki ochrony przed skażeniami chronią oczy, drogi oddechowe, drogi pokarmowe i skórę przed skutkami rażącego działania broni chemicznej i biologicznej oraz przed skażeniem pyłem promieniotwórczym, zmniejszają również stopień porażenia promieniowaniem cieplnym.

Z rezultatów badań przeprowadzonych w rozdziale pierwszym wynika, że promieniowanie cieplne nie odgrywa istotnej roli w rażącym działaniu na ludzi broni neutronowej. Działanie rażące na ludzi może przejawiać się w odległości mniejszej od 0,5 km od punktu zerowego wybuchu /o mocy 1 kt/. Ponieważ ludzie znajdujący się w odległości 700 - 900 m otrzymują dawki powodujące natychmiastową śmierć, to właściwości ochronne indywidualnych środków ochrony przed skażeniami przed promieniowaniem cieplnym wybuchu neutronowego są tu bez znaczenia.

Indywidualne środki ochrony przed skażeniami nie osłabiają również w istotnym stopniu promieniowania gamma i neutronowego. Wymienione rodzaje promieniowania, praktycznie rzecz biorąc, swobodnie przenikają przez materiały, z których wykonane są środki ochronne. Wykonanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami osłabiających promieniowanie przenikliwe wybuchu neutronowego jest, przy obecnie używanych materiałach, nieuzasadnione z punktu widzenia technicznego. Z obliczeń wynika, że odzież osłabiająca promieniowanie gamma o połowę musiałaby ważyć 400 kg.^{x/}

x/ M.M. Indenbaum, Sredstva zaszcizity kuži czekowieka ot orużija massowego poraženija . WACHZ Moskwa 1968 r.

W rejonie wybuchu neutronowego następuje niewielkie skażenie promieniotwórcze terenu. Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami do zabezpieczenia przed dostaniem się substancji promieniotwórczych na skórę i do wnętrza organizmu jest celowe podczas działania w rejonie uderzenia neutronowego, poczynając od odległości 600 - 700 m od punktu zerowego, tj. w odległości gdzie moc dawki w terenie przekracza 0,5 R/h /tabela 20/. W związku z tym, że w rejonie uderzenia neutronowego istnieje możliwość tylko skażeń wtórnych to korzystanie z indywidualnych środków ochrony przed skażeniami będzie konieczne tylko w przypadku suchej pogody, podczas unoszenia się z powierzchni ziemi dużej ilości pyłu. W innych przypadkach w rejonie uderzenia neutronowego będzie można działać bez środków ochronnych.

Z powyższych rozważań wynika, że indywidualne środki nie chronią przed bezpośrednimi skutkami uderzenia neutronowego, a w ograniczonym zakresie mogą być wykorzystane podczas działań w rejonach uderzeń neutronowych /rozpoznanie, przekraczanie, akcja ratownicza itp./.

3.5.2. Wykorzystanie właściwości ochronnych sprzętu bojowego do ochrony przed bronią neutronową.

Sprzęt bojowy i środki transportowe skutecznie chronią żołnierzy przed rażącym działaniem promieniowania cieplnego, zmniejszają promień rażenia falą uderzeniową, znacznie zmniejszają dawkę promieniowania podczas działań w terenie skażonym, a niektóre rodzaje sprzętu częściowo osłabiają dawkę promieniowania przenikliwego w momencie wybuchu jądrowego.

Właściwości ochronne sprzętu bojowego przed promieniowaniem przenikliwym charakteryzuje się, podobnie jak w przypadku urządzeń inżynierskich, współczynnikiem osłabienia promieniowania,

$k_{osł}$ /wzór 52/. Współczynnik ten zależy od wielu parametrów /wysokość, odległość, kierunek, moc wybuchu itp./ omówionych w punkcie 3 niniejszego rozdziału.

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego rozszczepienia pochodzącego od wybuchu o mocy około 1 kt przedstawiono w tabeli 70.

Tabela 70

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego wybuchu jądrowego /rozszczeniowego/ o mocy 1 kt niektórych rodzajów sprzętu bojowego.

Rodzaj sprzętu	Rodzaj wybuchu	$K_{osł}$
Samochody i transportery opancerzone typu odkrytego	naziemny powietrzny	1
Transportery opancerzone typu zakrytego	naziemny powietrzny	1
Czołgi bez osłon przeciwnutronowych	naziemny	3
	powietrzny	2

Współczynniki promieniowania przenikliwego syntezy oszacowane zostały analogicznie jak w przypadku urządzeń inżynierskich, na podstawie wzoru 56. Dane zestawiono w tabeli 71.

Tabela 71

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego o mocy 1 kt niektórych rodzajów sprzętu bojowego.

Rodzaj sprzętu	$K_{osł}$
Samochody i transportery opancerzone typu odkrytego	1
Transportery opancerzone typu zakrytego	1,1
Czołgi bez osłon przeciwnutronowych.	2

Z danych zawartych w tabelach 70 i 71 wynika, że właściwości ochronne sprzętu bojowego i środków transportowych przed promieniowaniem przenikliwym są w większości przypadków znikome i nieco pogarszają się w przypadku promieniowania przenikliwego syntezy.

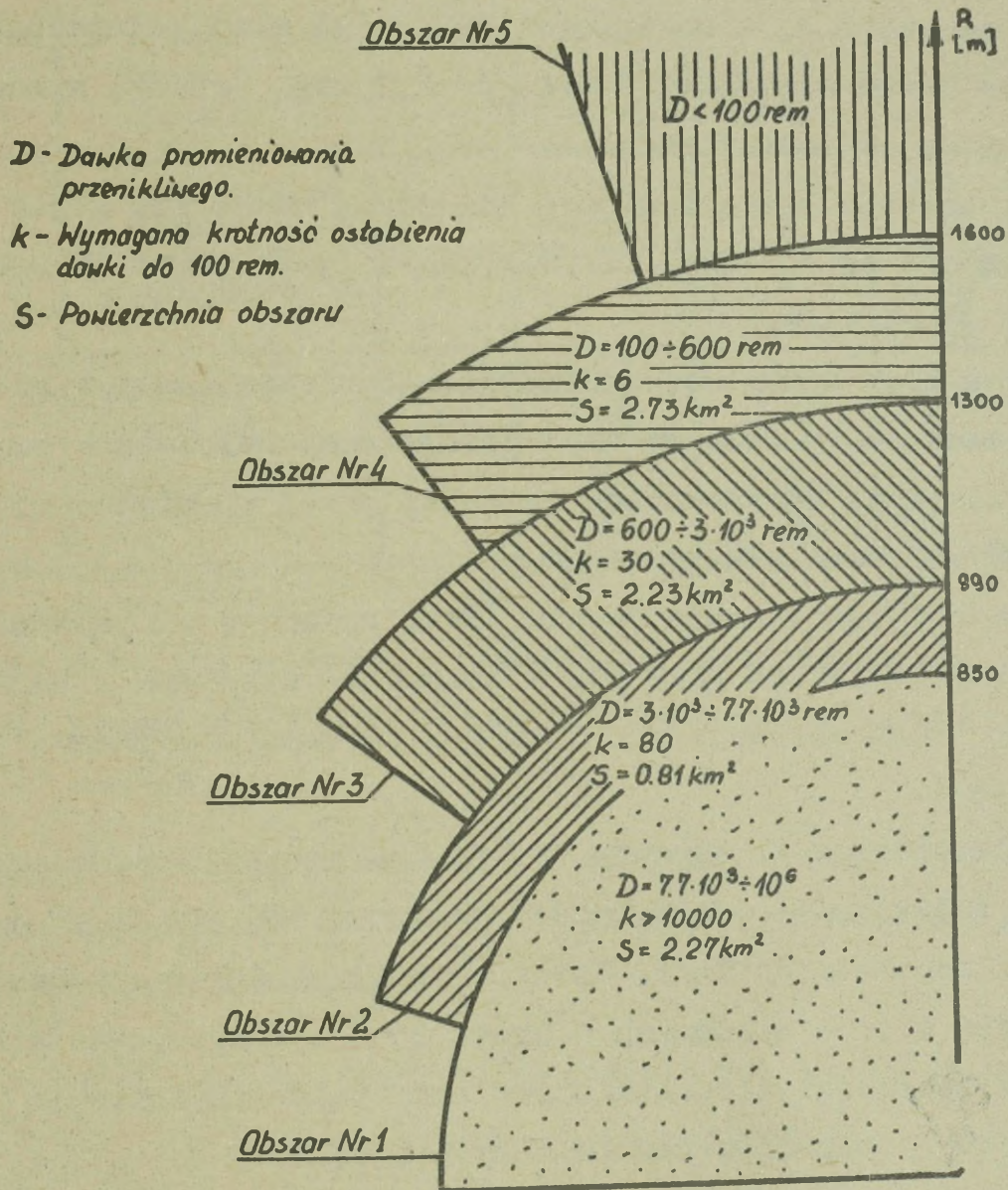
Efektywność osłonową wozów bojowych można zwiększyć poprzez zastosowanie wykładzin przeciwneutronowych. Wykładziny takie znajdują się w wozach bojowych wprowadzonych do wyposażenia wojsk w ostatnich latach /czołg T-55, T-72, BWP/. Wykonywane są one z dwóch rodzajów materiałów osłonowych, tzw. lekkiego i ciężkiego.

Materiał osłonowy lekki /POW-45/ zawiera 85,75 % węgla i 14,29 % wodoru, ciężki /POW - 45/50 s/ zawiera 42,85 % węgla, 7,15 wodoru i 50 % ołowiu /procenty wagowe/. Wykładziny lekkie stosuje się w czołgach, ciężkie - w transporterach opancerzonych i bojowych wozach piechoty. Efektywność osłonna czołgów zawierających wykładziny przeciwneutronowe wzrasta do 4 - 6, a transporterów opancerzonych i bojowych wozów piechoty - do ponad 1,5.

Zapewnienie całkowitej ochrony przed promieniowaniem przenikliwym ładunku neutronowego jest technicznie nieosiągalne. Można jedynie dążyć do maksymalnego zmniejszenia pola rażącego działania promieniowania. Problematyka ta zilustrowana jest obrazowo na rysunku 34. Rejon wybuchu podzielony został na obszary rażenia od 1 do 5.

W obszarze 5, w odległości ponad 1600 m od punktu zerowego, gdzie dawka wynosi poniżej 100 remów, stosowanie osłon jest w zasadzie zbędne.

W obszarze 4, w odległości 1300 - 1600 m od punktu zerowego, gdzie dawka wynosi od 100 do 500 remów wozy bojowe powinny zapewniać około 6-krotne osłabienie promieniowania przenikliwego.



Rys. 34 Podział rejonu wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na obszary rażenia i wynikająca stąd wymagana krotność osłabienia dawki sumarycznej promieniowania przenikliwego. Opracowano wg danych L. Szymendery zamieszczonych we "Wstępnym raporcie o broni neutronowej." Wyd. IBJ Świerk 1978r.

W obszarze 3, w odległości 990 - 1300 m od punktu zerowego, gdzie dawka wynosi od 600 do 3 tys. remów, wymagana jest 30 krotne jej osłabienie.

W obszarze 4, w odległości 850 - 990 m od punktu zerowego, gdzie dawka wynosi od 3 tys. do 7,7 tys. remów, wymagane jest 80 krotne jej osłabienie.

W obszarze 5, w odległości mniejszej od 850 m, gdzie dawka jest większa od 7,7 tys. remów, wymagane jest ponad 10 000 krotne jej osłabienie.

Z analizy wymaganej krotności osłabienia dawki w poszczególnych obszarach wynika, że współczesne wozy bojowe nie posiadają zadawalającej efektywności osłonowej przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego.

Sześciokrotne zmniejszenie dawki powoduje zmniejszenie strat obiektu liniowego /np. bcz w kolumnie/ zaledwie o 18,5 %, a obiektu powierzchniowego np. bcz w ugrupowaniu bojowym w natarciu/ o 34 %.

Z literatury przedmiotu wynika, że istnieją techniczne możliwości zwiększenia efektywności osłonowej czołgów do 30 i transporterów opancerzonych do 6. Wówczas straty ludzi w czołgach zmniejszałyby się: w kolumnach o około 30 % i w ugrupowaniu bojowym o ponad 60 %. Zmniejszenie strat ludzi w transporterach opancerzonych byłoby odpowiednio o 18,5 i 34 %.

Wymagane grubości osłon zapewniających powyższe krotności osłabienia dawki przedstawiono w tabeli 72.

Tabela 72

Grubości pancerzy i wykładzin zapewniające 30 i 6-krotne osłabienie dawki promieniowania przenikliwego.

K _{osł}	Rodzaj ładunku	Grubość pancerza ,cm				
		Grubość wykładziny				
30	rozszcze- pienowy	-	$\frac{50}{78}$	$\frac{100}{70}$	$\frac{150}{47}$	$\frac{200}{30}$
	neutronowy	-	-	-	$\frac{150}{95}$	$\frac{200}{62}$
6	rozszcze- pienowy	$\frac{20}{51}$	$\frac{50}{35}$	$\frac{100}{15}$	-	-
	neutronowy	-	$\frac{50}{80}$	$\frac{100}{44}$	-	-

Uwaga: Tabelę opracowano na podstawie materiałów IBJ. L.

Szymendera "Osłony radiacyjne przeciw wybuchom neutronowym".

Zwiększenie efektywności osłonowej sprzętu bojowego do 80 jest technicznie bardzo trudne, a przekroczenie tej granicy jest zupełnie nierealne.

3.5.3. Wykorzystanie właściwości ochronnych terenu do ochrony przed bronią neutronową.

Rozchodzące się od miejsca wybuchu neutronowego promieniowanie przenikliwe jest osłabione przez przeszkody terenowe. Stopień osłabienia jest tym większy im grubsza jest przeszkoda. Różnorodne naturalne ukrycia takie jak: wąwozy, jary, doliny, wzgórza i góry, a także nasypy, wykopy, masywy leśne i osiedla powinny być wykorzystywane do ochrony przed promieniowaniem przenikliwym. Umiejętne ich wykorzystanie może zmniejszyć straty wojsk od uderzeń neutronowych. Stwarza jednocześnie możliwość

skrócenia terminu wykonania zadań bojowych przez zmniejszenie objętości prac w zakresie rozbudowy inżynieryjnej terenu.

Rozmieszczając wojska w dolinach, wąwozach, jarach lub wykopach, a szczególnie u podnóży gór i wzgórz należy przedsięwziąć środki zapobiegające usuwaniu się stromych i słabych ścian oraz kamienistych stoków.

W osiedlach do ochrony przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego należy wykorzystywać piwnice z trwałymi żelbetonowymi stropami, a także schrony, tunele i inne urządzenia podziemne.

W celu zwiększenia skuteczności ochrony należy dodatkowo wykonywać ukrycia dla ludzi i na sprzęt bojowy. Na wykonanie ukryć w wąwozach, jarach, dolinach i na stokach wzgórz potrzeba stosunkowo niewiele sił i środków, a skuteczność ochrony poważnie przy tym wzrasta.

Rezultaty wykorzystania właściwości osłonnych terenu w przypadku wybuchów neutronowych będą prawdopodobnie zbliżone do rezultatów osiąganych w rejonach wybuchów jądrowych /rozszczeniowych/. Pewne zmniejszenie własności osłonowych ziemi w stosunku do promieniowania syntezy w porównaniu z rozszczepieniowym /tabela 19/ jest częściowo skompensowane zmniejszeniem udziału w dawce sumarycznej promieniowania rozproszonego, tj. skuteczniejszym zmniejszeniem dawki w strefie "cienia". Wynika to stąd, że promieniowanie przenikliwe syntezy jest bardziej skomplikowane w przód.

Wskaźniki skuteczności właściwości ochronnych terenu przedstawiono w tabeli 73.

Tabela 73

Wskaźniki właściwości ochronnych terenu przed promieniowaniem przenikliwym rozszczepienia i syntezy.

Typ terenu /rzeźby/	Zmniejszenie powierzchni rażenia ludzi nie ukry- tych, %
Teren równinny	-
Teren słabo pofałdowany	5 - 15
Teren pagórkowaty	15 - 25
Niskie góry. Teren pocięty jarami.	25 - 35

Z tabeli 73 wynika, że rzeźba terenu w znacznym stopniu wpływa na zmniejszenie strat w rejonie wybuchu neutronowego. Podane wielkości cyfrowe są oczywiście średnimi wielkościami statystycznymi i w związku z tym nie obowiązują w stosunku do pojedynczych, konkretnych obiektów. Rażenie konkretnego obiektu zależy bowiem od jego położenia w stosunku do przeszkody terenowej i wybuchu neutronowego.

3.6. Rozpoznanie skażeń w rejonach uderzeń neutronowych.

Rozpoznanie skażeń organizuje się w celu dostarczenia w odpowiednim czasie dowódcom i sztabom danych o skażeniach w pasach /rejonach/ działań wojsk i rejonach ich rozmieszczenia. Rozpoznanie skażeń promieniotwórczych prowadzą wszystkie pododdziały rodzajów wojsk i służb, a główne zadania w tym zakresie wykonują pododdziały rozpoznania skażeń wojsk chemicznych.

Podczas analizy rozmiarów stref skażeń promieniotwórczych w rejonie uderzenia neutronowego wskazaliśmy na celowość prowadzenia rozpoznania skażeń.

Rozpoznanie skażeń w rejonie wybuchu jądrowego /neutronowego/ prowadzi się w celu uzyskania dokładnych danych o mocach dawek i oznaczenia terenu skażonego na kierunkach przewidywanego działania wojsk i prowadzenia akcji ratunkowo-ewakuacyjnej oraz określenia /kierunków/ dróg jego pokonania lub obejścia.

Patrole rozpoznania skażeń w zależności od zadania, warunków sytuacji bojowej i charakteru terenu mogą działać pieszo, na samochodach, transporterach opancerzonych, czołgach, śmigłowcach i samolotach.

Granice maksymalnej mocy dawki w terenie skażonym, do której prowadzi się naziemne rozpoznanie skażeń, wyznacza się z takim wyliczeniem aby patrole nie przekroczyły dopuszczalnej dawki napromienienia. Granice maksymalnych mocy dawek przykładowo mogą wynosić:

- dla patroli pieszych 30R/h;
- na samochodach 100 R/h;
- na czołgach 500 R/h.
- na transporterach opancerzonych 200 R/h;

Znaki ostrzegawcze ustawia się zwykle na przedniej /tylnej/ granicy terenu skażonego, którą określa się mocą dawki 0,5 R/h, i na w/w granicach maksymalnych mocy dawek.

Przyjmując, że ze względów organizacyjnych rozpoznanie skażeń w rejonie uderzenia neutronowego można rozpocząć nie wcześniej jak po 1 godzinie po wybuchu, z tabeli 20 wynika, iż patrole mogą wejść w teren skażony do następujących granic: pieszo 200 - 250 m i na samochodach 100 m od punktu zerowego wybuchu. Patrole na transporterach opancerzonych i czołgach mogą w tym czasie już osiągnąć /przekroczyć/ punkt zerowy wybuchu.

Z powyższego wynika, że cel i zakres zadań naziemnego rozpoznania skażeń oraz sposób działania patroli w rejonie uderzenia neutronowego są analogiczne jak w rejonach powietrznych wybuchów jądrowych.

Obszary działań pododdziałów rozpoznania skażeń będą stosunkowo niewielkie, a zatem krótki będzie czas i niewielki stopień trudności wykonania tych zadań.

3.7. Przekraczanie stref skażonych i zapewnienie żołnierzom ochrony podczas działań w terenie skażonym.

3.7.1. Przekraczanie terenu skażonego.

Sposób przekraczania stref /rejonów/ skażonych pyłem promieniotwórczym zależy od stopnia skażenia, wielkości zniszczeń oraz warunków terenowych i atmosferycznych. Jeżeli sytuacja i warunki terenowe pozwalają zawsze dąży się do obejścia terenu skażonego. Przekraczanie może odbywać się z marszu lub po spadku mocy dawki do bezpiecznych wartości.

Ze względu na niewielkie rozmiary stref skażonych i niewielki stopień skażenia terenu rejonów wybuchów neutronowych można przekraczać na dowolnych środkach transportowych bezpośrednio po wybuchu. Przykładowo żołnierze, którzy przekraczają rejon wybuchu neutronowego o mocy 1 kt /przecinając punkt zerowy/ na samochodach po sześciu minutach po wybuchu, pochłaniają dawki rzędu 0,5 R, tj. sto razy mniejsze niż dopuszczalne.

Indywidualne środki ochrony przed skażeniami podczas przekraczania rejonów uderzeń neutronowych powinny być wykorzystywane w taki sam sposób w jaki przewiduje się je wykorzystywać podczas przekraczania rejonów /stref/ skażonych po uderzeniach jądrowych /roszczeniowych/. Sposoby te przedstawiono w tabeli 74.

Tabela 74

Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami podczas przekraczania rejonów uderzeń neutronowych.

Sposób przekraczania rejonu	Sposób wykorzystania środków ochronnych w zależności od warunków atmosferycznych	
	Pogoda sucha i wietrzna, zamieć	Pogoda wilgotna, po opadach deszczu lub śniegu
Na samochodach i transporterach opancerzonych odkrytych.	maska przeciwgazowa, płaszcz ochronny	bez środków ochronnych
Jako desant na czołgach	maska przeciwgazowa i płaszcz ochronny	bez środków ochronnych
W czołgach, w transporterach opancerzonych typu zakrytego, w kabinach kierowcy samochodu.	maska przeciwgazowa	bez środków ochronnych
Pieszo	maska przeciwgazowa, płaszcz ochronny, pończochy i rękawice ochronne	pończochy ochronne

Dane zamieszczone w tabeli 74 dotyczą przypadków przekraczania rejonu uderzenia neutronowego w odległościach od punktu zerowego wybuchu mniejszych od 0,5 - 0,6 km. W przypadkach większych odległości stosowanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami jest zbyteczne.

3.7.2. Przebywanie w terenie skażonym.

Krótkotrwałe przebywanie poza ukryciami w terenie skażonym w rejonie wybuchu neutronowego, np. podczas ewakuacji uszkodzonego sprzętu, bez narażenia się na przekroczenie dawki dopuszczalnej możliwe jest na odległościach od punktu zerowego wybuchu większych od 200 - 250 m, a długotrwałe na odległościach większych od 0,5 - 0,6 km. Okresowo wykorzystując różnego rodzaju ukrycia, w szczególności w pierwszych godzinach po wybuchu, możliwe jest długotrwałe przebywanie w dowolnym punkcie rejonu wybuchu neutronowego.

Podczas długotrwałego przebywania w terenie skażonym należy wykorzystywać indywidualne środki ochrony przed skażeniami. Zasady ich wykorzystania są takie same jak w strefach /rejonach/ skażonych po wybuchach jądrowych /rozszczeniowych/-tabela 75..

Tabela 75

Wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami podczas długotrwałego przebywania w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1 kt.

Rodzaje wykorzystywanych ukryć	Sposób wykorzystywania środków ochronnych w zależności od warunków atmosferycznych.	
	Pogoda sucha i wietrzna, zamieć	Pogoda wilgotna, po opadach deszczu lub śniegu
Poza ukryciami	maska przeciwgazowa	pończochy ochronne
W przykrytych odcinkach transzei	maska przeciwgazowa	bez środków ochronnych
W schronach i ukryciach nie wyposażonych w urządzenia filtrowentylacyjne	maska przeciwgazowa /co pewien czas należy otwierać dzwi ukrycia/	bez środków ochronnych
W schronach i ukryciach, w urządzenia filtrowentylacyjne	bez środków ochronnych	bez środków ochronnych

Tabela 75 dotyczy odległości bliższych niż 0,5 - 0,6 km od punktu zerowego. W odległościach dalszych możliwe jest przebywanie dowolnie długi czas bez środków ochronnych.

3.8. Kontrola napromienienia i stopnia skażenia żołnierzy oraz stopnia skażenia sprzętu bojowego, środków materiałowych żywności i wody.

3.8.1. Kontrola napromienienia.

Kontrolę napromienienia organizuje się w celu ustalenia zdolności bojowej napromienionych żołnierzy /pododdziałów/ oraz w celach profilaktycznych, leczniczych i ewakuacyjnych.

Kontrola napromienienia obejmuje: wyposażenie żołnierzy w dozymetry, okresowe dokonywanie odczytów dawek, okresowe ładowanie dozymetrów /z wyjątkiem dozymetru DP-70M/, prowadzenie ewidencji napromienienia i okresowe obliczanie dawek biologicznie czynnych.

Jest rzeczą niewątpliwą, że cel, zakres czynności, sposoby i zasady organizacji kontroli napromienienia obowiązujące aktualnie nie ulegną zmianie także w warunkach stosowania broni neutronowej. Broń neutronowa stawia natomiast nowe wymagania przed sprzętem stosowanym do pomiaru dawek napromienienia.

Obecnie stosuje się trzy rodzaje dozymetrów. Są to dozymetry jonizacyjne DS - 50 i DKP - 50 oraz dozymetr chemiczny DP - 70 M. Ponadto pododdziały wyposażone są w przyrządy do ładowania dozymetrów oraz do odczytów ich wskazań.

Zakresy pomiarowe dozymetrów, sposoby ich ładowania i odczytu dawki przedstawiono w tabeli 76.

Charakterystyka dozymetrów.

Rodzaj dozymetru	Zakres pomiaru dawki R	Sposób ładowania dozymetru i odczytu dawki	
		Ładowanie	Odczyt
Dozymetr jonizacyjny DS-50	do 50	W pulpicie załadowczo-pomiarowym zestawu DP-23 lub DP - 23 p	W pulpicie załadowczo-pomiarowym zestawu DP-23 lub DP - 23 p
Dozymetr jonizacyjny DKP-50	do 50	W pulpicie załadowczo-pomiarowym PZ-65 lub DP-23 p ^x	bezpośredni
Dozymetr chemiczny DP-70M	50 - 800	-	w kolorymetrze PK - 56

x/ - w pulpicie załadowczo-pomiarowym DP-23 p można ładować tylko dozymetry DKP-50 z kontaktem mechanicznym /wyprodukowanepo 1964 r / . Nie można natomiast ładować dozymetrów DKP-50 z kontaktem magnetycznym /z zestawu DP - 23 oraz z zestawu DP-23p wyprodukowane przed 1964 r/.

Zasada działania dozymetrów DS-50 i DKP - 50 polega na pomiarze stopnia rozładowania kondensatora /poprzez zjonizowany gaz w komorze jonizacyjnej/, a dozymetru DP-70M - na kolorymetrycznym pomiarze przebiegu reakcji chemicznej, stymulowanej promieniowaniem przenikliwym. W obydwu przypadkach zmierzona dawka jest funkcją zdolności jonizacyjnej promieniowania. W rozdziale pierwszym zostało wyjaśnione, że jonizację materii wywołuje promieniowanie gamma, natomiast neutrony nie mają

zdolności jonizacyjnej. Dozymetry przedstawione w tabeli 74 mierzą więc tylko dawki promieniowania gamma i nie rejestrują dawek neutronowych. Mogą one być stosowane do pomiaru dawek napromienienia ludzi podczas działań w terenie skażonym, natomiast wielokrotnie zaniżają dawki w rejonie wybuchu jądrowego /mierzą dawkę składowej gamma/.

Problem dozymetrii neutronowej nie pojawił się wraz z bronią neutronową. Także i dotychczas istniały trudności w pomiarze dawek pochłanianych przez ludzi w momencie wybuchu jądrowego, szczególnie w przypadkach wybuchów małych mocy, gdzie podstawowym czynnikiem rażenia jest również promieniowanie przenikliwe. Obecnie wzrasta jednak znaczenie dozymetrii neutronowej. Wiąże się to ze zwiększeniem pola rażenia promieniowaniem przenikliwym i zwiększeniem udziału neutronów w tworzeniu dawki sumarycznej w rejonie uderzenia neutronowego.

Aktualnie istnieje szereg metod pomiaru promieniowania neutronowego, które oparte są na różnorodnych zjawiskach oddziaływania neutronów na materię /np. jonizacja pośrednia, aktywacja, rozszczepienie/. Większość z nich nie można jednak zastosować w wojskowych przyrządach dozymetrycznych, przed którymi stawia się trudne do spełnienia warunki, takie jak: prostota pomiaru i szybkie otrzymywanie wyników, możliwość pomiaru szerokiego zakresu dawek i szerokiego widma energetycznego neutronów. Ponadto dozymetry powinny być niewielkich wymiarów, proste w obsłudze i konserwacji oraz mało wrażliwe na trudne warunki eksploatacyjne /duże wahania temperatury i wilgotności, wstrząsy itp./.

Niemal całkowicie spełnia powyższe warunki dozymetr neutronowy, w który w najbliższej przyszłości zostanie wprowadzony do wyposażenia wojska. Zasada działania tego dozymetru oparta jest na fotometrycznym pomiarze energii pochłanianej w ciałach stałych. Przyrząd ten mierzy dawkę neutronów do 1500 radów. Dobre rezultaty pomiarowe osiąga się dla neutronów o energiach do 3 MeV,

co oznacza, że przyrząd rozwiązuje całkowicie problem pomiaru dawek w rejonach wybuchów ładunków rozszczepieniowych a nie zabezpiecza pomiarów w rejonach wybuchów ładunków neutronowych, gdzie energia neutronów osiąga wartości 14 MeV.

Na podstawie powyższych rozważań dochodzimy do wniosku, że sprzęt dozymetryczny obecnie używany, a także planowany do wprowadzenia do wojsk w najbliższej przyszłości, nie zapewnia prawidłowej realizacji zadań kontroli napromienienia w warunkach stosowania broni neutronowej. Wynika stąd potrzeba prowadzenia dalszych prac badawczych i konstrukcyjnych w dziedzinie dozymetrii neutronowej.

Na dzień dzisiejszy, tj. do czasu wyposażenia wojsk w dozymetry neutronowe można zaproponować pewne "półśrodki", na podstawie których możemy oceniać prawdopodobne dawki napromienienia w rejonach uderzeń neutronowych.

Wiadomo, że promieniowaniu neutronowemu w rejonie wybuchu jądrowego /rozszczeplenia i syntezy/ zawsze towarzyszy promieniowanie gamma. Udział obydwu rodzajów promieniowań w tworzeniu dawki sumarycznej zależy od odległości od punktu zerowego wybuchu /tj. jest funkcją dawki sumarycznej i każdej z dawek składowych/ i od rodzaju ładunku.

Wynika stąd, że na podstawie wskazań dozymetru jonizacyjnego /zmierzonej dawki promieniowania gamma/ i informacji o rodzaju ładunku możemy orientacyjnie ocenić dawkę sumaryczną. W tym celu dawkę zmierzoną dozymetrem jonizacyjnym należy pomnożyć przez współczynnik k_d , uwzględniający procentowy udział obydwu rodzajów promieniowań w tworzeniu dawki sumarycznej w rejonie wybuchu neutronowego /tabela 77/.

Tabela 77

Zależność dawki sumarycznej promieniowania przenikliwego w rejonie wybuchu neutronowego od dawki promieniowania gamma.

Dawka promieniowania gamma, zmierzona dozymetrem jonizacyjnym /R/	Współczynnik przeliczenia dawek, k_d	Dawka sumaryczna promieniowania przenikliwego, rem
10 000	10	100 000
1 000	6	6 000
100	4	400
10	3,5	35
1	2	2

3.8.2. Kontrola stopnia skażenia.

Skażenia substancjami promieniotwórczymi żołnierzy, sprzętu bojowego i zapasów materiałowych powstają podczas działań wojsk w strefach skażeń.

Stopień skażenia promieniotwórczego wojsk zależy od stopnia skażenia terenu /rodzaju strefy skażeń terenu/, sposobu powstania skażenia i czasu po wybuchu.

Ze względu na sposób powstania skażenia rozróżnia się skażenie pierwotne i wtórne. Skażenia pierwotne powstaje bezpośrednio po wybuchu w wyniku wypadania substancji promieniotwórczych z obłoku pyłowego, tj. równocześnie ze skażeniem terenu. Skażenie wtórne - po wejściu w teren skażony po uformowaniu się stref skażeń, w wyniku unoszenia substancji promieniotwórczych z powierzchni ziemi /np. przez koła i gąsienice pojazdów/.

Pierwotne i wtórne skażenie promieniotwórcze wojsk po wybuchu neutronowym powstają na niewielkim obszarze. Skażenia te mogą powstać tylko w rejonie wybuchu, gdyż nie tworzą się strefy skażeń na śladzie obłoku promieniotwórczego.

Orientacyjny stopień skażenia promieniotwórczego wojsk i rozmiary obszarów, na których może to skażenie występować przedstawiono w tabeli 78.

Tabela 78

Stopień skażenia /mR/h/ zewnętrznych powierzchni sprzętu bojowego, środków transportowych i umundurowania po wyjściu ze stref skażonych.

Warunki skażenia	Czas po wybuchu	Strefy skażone /powierzchnia w km ² /		
		A/0,57/	B/0,12/	C/0,05/
I. Skażenie pierwotne sprzętu bojowego i środków transportowych typu odkrytego.				
Ulewa	1	35 000	200 000	600 000
	3	10 000	50 000	150 000
	6	4 000	25 000	70 000
	12	2 000	10 000	30 000
	24	1 000	5 000	15 000
Inne opady i bez opadów	1	7 000	40 000	130 000
	3	2 000	10 000	35 000
	6	800	5 000	15 000
	12	400	2 000	7 000
	24	200	1 000	3 000

II. Skażenie pierwotne sprzętu bojowego i środków transportowych typu zakrytego.

Ulewa	1	20 000	35 000	70 000
	3	6 000	10 000	20 000
	6	3 000	4 000	8 000
	12	1 000	2 000	4 000
	24	500	1 000	2 000
Inne opady i bez opadów	1	4 000	7 000	15 000
	3	1 200	2 000	4 000
	6	500	800	1 500
	12	250	400	700
	24	100	200	300

III. Skażenie wtórne sprzętu bojowego i środków transportowych

Grunt wilgotny	1	400	2 000	7 000
	3	120	600	2 000
	6	50	300	800
	12	20	100	400
	24	10	50	200
Pokrywa śnieżna	1	200	1 000	3 500
	3	60	300	1 000
	6	30	150	400
	12	10	50	200
	24	5	25	100

IV. Skażenie pierwotne umundurowania^x

Deszcz	1	800	3 000	6 000
	3	200	900	1 500
	6	100	350	700
	12	50	150	300
	24	20	70	150

Bez opadów lub opady śniegu	1	800	3 000	3 500
	3	200	900	1 000
	6	100	3500	400
	12	50	150	200
	24	20	70	100

x/ skażenia wtórne powstałego podczas marszu po gruncie suchym nie bierze się pod uwagę w obliczeniach dotyczących sytuacji promieniotwórczej.

Kontrolę stopnia skażenia promieniotwórczego żołnierzy, sprzętu bojowego, zapasów materiałowych, zwierząt, żywności i wody przeprowadza się w celu ustalenia możliwości działania bez środków ochronnych, konieczności, zakresu prac i skuteczności zabiegów specjalnych oraz przydatności sprzętu, materiałów, żywności i wody do użytku /spożycia/.

Kontrolę stopnia skażenia wojsk przeprowadza się po wyjściu ze stref skażonych, przed przystąpieniem do zabiegów specjalnych i sanitarnych oraz po ich przeprowadzeniu.

Kontrolę stopnia skażenia organizują dowódcy związków taktycznych, oddziałów i pododdziałów. Pomiary stopnia skażenia w związkach taktycznych i oddziałach dokonywane są siłami pododdziałów kontroli dozymetrycznej i pododdziałów rozpoznania skażeń, a w pododdziałach /od kompanii wzwyż/ - siłami drużyn schemizowanych.

Zasady organizacji kontroli stopnia skażenia promieniotwórczego wojsk w warunkach użycia broni neutronowej nie ulegają zmianie. Różnice mogą polegać na zmniejszeniu rozmiarów skażeń i powstaniu trudności przy pomiarach stopnia skażenia sprzętu.

Normy dopuszczalnego stopnia skażenia sprzętu substancjami promieniotwórczymi /skażenie bezpieczne / przedstawiono w tabeli 79.

Tabela 79

Bezpieczne skażenie powierzchni sprzętu substancjami promieniotwórczymi.

Rodzaj sprzętu	Czas pomiaru skażenia po wybuchu, godziny		
	do 12	12 - 24	ponad 24
Samochody, samoloty, samochody specjalne, wyrzutnie i ciągniki artyleryjskie, moździerze, zestawy rakietowe, wyposażenie techniczne	800	400	200
Obiekty opancerzone: transportery, bojowe wozy piechoty, działa samobieżne, czołgi wyrzutnie itp.	1 600	800	400

Z analizy danych, zawartych w tabelach 78 i 79 oraz z porównania ich z wynikami obliczeń aktywacji sprzętu bojowego /rozdział II/ wynika, że w rejonie wybuchu neutronowego obszar skażenia jest mniejszy od obszaru aktywacji sprzętu bojowego. Komplikuje to kontrolę dozymetryczną.

Problem polega na tym, że przyrządy pomiarowe /radiometry/ będą wskazywać skażenie promieniotwórcze wielokrotnie przekraczające dopuszczalne normy również w takich przypadkach, kiedy sprzęt bojowy w zasadzie nie stwarza zagrożenia dla obsługi. Wskazania przyrządów nie ulegną zmianie także po przeprowadzeniu dezaktywacji. Nadal jednak nie będzie pewności co do tego, czy dezaktywacja była mało skuteczna czy też chodzi o aktywację materiałów konstrukcyjnych sprzętu.

Przyczynę wskazań radiometru /aktywacja czy skażenie/ podczas kontroli dozymetrycznej czołgów, transporterów opancerzonych, bojowych wozów piechoty i innego sprzętu opancerzonego

można ustalić poprzez dokonanie pomiarów wewnątrz i na zewnątrz pancerza. W przypadku skażenia promieniotwórczego znacznie wyższych wskazań przyrządów można oczekiwać na zewnątrz natomiast przy aktywności wzbudzonej różnice te będą mniejsze

3.9. Zabiegi profilaktyczne.

Zabiegi profilaktyczne obejmują stosowanie preparatów radioochronnych zmniejszających skutki napromienienia.

W skład preparatów radioochronnych mogą wchodzić różne związki chemiczne, które zmniejszają zarówno doraźne skutki napromienienia organizmu jak i chronią przed skutkami późnymi. Do bardziej znanych substancji chemicznych posiadających właściwości radioochronne zalicza się: cysteinę, cystaminę, serotominę, AET i metyloaminę. Substancje te mogą być stosowane oddzielnie lub w postaci mieszanek. Współczynnik redukcji dawki poszczególnych substancji radioochronnych wynosi od 1,5 do 2, a mieszanek sięga 4.

Z wymienionych środków radioochronnych w naszym wojsku stosuje się cystaminę. Wchodzi ona w skład pakietu radioochronnego /IPR/ znajdującego się na wyposażeniu każdego żołnierza.

W przewidywaniu napromienienia dawką większą od 200 rentgenów zażywa się 2 tabletki. W przypadku dłuższego przebywania w strefie skażonej należy po upływie 6 godzin zażyć następne 2 tabletki. Zgodnie z instrukcją na każde 2 tabletki cystaminy zażywa się jedną tabletkę jodku potasu. Zwiększa on skuteczność działania cystaminy. W związku z tym, że cystamina jest środkiem powodującym wymioty i osłabienie w skład IPR włączono środki znoszące te objawy: aviomarin i fenactil. Zażywa się je obok cystaminy po napromienieniu dawką powyżej 200 rentgenów oraz w razie wystąpienia duszności i wymiotów.

Środki wchodzące w skład IPR działają skutecznie w przypadku wprowadzenia ich do organizmu przed spodziewanym

napromienieniem. Spełniają więc swoją rolę podczas działań bojowych w warunkach użycia dotychczasowych rodzajów broni jądrowej /przekraczanie stref skażeń promieniotwórczych i długotrwałe działania w terenie skażonym/. W warunkach użycia broni neutronowej żołnierze narażeni są na niespodziewane pochłonięcie dużych dawek. Jest rzeczą oczywistą, że trudno jest przewidzieć w jakim czasie nieprzyjaciel dokona uderzeń neutronowych i nie można z góry określić czasu wprowadzenia do organizmu środków radioochronnych. Również duże dawki pochłanianie przez żołnierzy w rejonach uderzeń neutronowych wymagają większych współczynników ich redukcji niż zapewniają to obecnie stosowane środki radioochronne.

Z powyższego wynika, że środki ochronne wchodzące w skład IPR nie dadzą oczekiwanych rezultatów w warunkach stosowania broni neutronowej. W tej sytuacji celowe jest zastąpienie cystaminy innym środkiem, skutecznie działającym po wprowadzeniu go do organizmu już po napromienieniu. Możliwości zastosowania takiego rozwiązania w świetle danych literaturowych są w pełni realne.

3.10. Likwidacja skutków użycia broni neutronowej.

Likwidacja skutków użycia przez nieprzyjaciela broni neutronowej ma na celu przywrócenie zdolności bojowej wojsk i stworzenie warunków do wykonania zadań oraz pracy tyłów, a także ratowanie ludzi oraz udzielanie pomocy rannym i chorym.

Likwidacja skutków użycia broni jądrowej obejmuje:

- rozpoznanie rejonów porażenia;
- odtworzenie naruszonego dowodzenia;
- prace ratunkowe, lecznicze i ewakuacyjne;
- zabiegi sanitarne i specjalne;
- gaszenie /lokalizację / pożarów;

- odbudowę dróg manewru, dowozu i ewakuacji;
- uzupełnienie zniszczonych zapasów środków materiałowych.

W związku z wcześniej opisaną specyfiką rażącego działania broni neutronowej należy liczyć się z pewnymi zmianami w sposobach realizacji przedsięwzięć likwidacji skutków uderzeń jądrowych w warunkach użycia broni neutronowej. Celem ustalenia tych zmian i określenia optymalnych sposobów realizacji zadań w zakresie likwidacji skutków uderzeń neutronowych przeprowadzimy analizę porównawczą ich wykonywania w warunkach stosowania ładunków rozszezepieniowych i neutronowych.

W analizie tej pominięte zostaną zadania związane z odbudową dróg manewru, dowozu i ewakuacji oraz uzupełnianiem zniszczonych zapasów środków materiałowych ze względu na to, że oddziaływanie czynników rażenia wybuchu neutronowego zarówno na drogi i urządzenia drogowe jak też na środki materiałowe jest w zasadzie niewielkie. A gdyby nawet zaistniała potrzeba wykonywania zadań w tym zakresie, to broń neutronowa nie wnosi tu nic nowego i zadania te będą realizowane na dotychczasowych zasadach.

3.10.1. Rozpoznanie rejonów porażenia.

Podstawą podjęcia decyzji do likwidacji skutków uderzeń jądrowych jest posiadanie konkretnych danych o sytuacji w rejonach porażenia. Dane te uzyskiwane są z systemu wykrywania skażeń i uzupełniane rozpoznaniem rejonów uderzeń jądrowych.

Rozpoznanie rejonów porażenia bronią jądrową prowadzą oficerskie patrole rozpoznawcze, patrole rozpoznania skażeń i patrole rozpoznania inżynierskiego.

Oficerskie patrole rozpoznawcze wydzielane są ze sztabów związków operacyjnych, związków taktycznych i oddziałów. Patrole

wydzielane ze sztabu armii i dywizji najczęściej prowadzą powietrzne rozpoznanie rejonów porażenia na śmigłowcach, a ze sztabów oddziałów - naziemne-na samochodach i transporterach opancerzonych. Dostarczają one informacji o:

- położeniu i działaniu pododdziałów, na które wykonano uderzenia oraz kierunkach wychodzenia z rejonów porażenia, pojedynczych żołnierzy, grup i pododdziałów;

- wielkości skażonych obszarów oraz granicach skażeń niebezpiecznych i silnych;

- zniszczeniach terenowych w rejonach porażenia /zawałach w lasach i zagrupowaniu w osiedlach/;

- sytuacji pożarowej w rejonach porażenia oraz kierunkach rozprzestrzeniania się pożarów i dymów,

Równocześnie z rozpoznaniem rejonów porażenia oficerskie patrole rozpoznawcze prowadzą rozpoznanie obszarów przyległych do tych rejonów w celu ustalenia:

- sytuacji skażeń, zniszczeń i sytuacji pożarowej na podejściach do rejonów porażenia;

- rejonów dogodnych do rozwinięcia sił ratownictwa, rozmieszczenia punktów medycznych i punktów zabiegów specjalnych;

- rejonów dogodnych do wyprowadzenia ludzi i ewakuacji sprzętu z rejonów porażenia;

- najdogodniejszych kierunków działania sił ratownictwa w czasie akcji ratowniczej.

Patrole rozpoznania skażeń wydzielane są z pododdziałów chemicznych oddziałów, związków taktycznych i operacyjnych. Działają one w składzie grup /oddziałów/ ratunkowo-ewakuacyjnych. Patrole rozpoznania skażeń ustalają i oznaczają granice stref skażeń promieniotwórczych w rejonach porażenia i na podejściach do tych rejonów oraz prowadzą rozpoznanie skażeń w rejonach przewidzianych do rozwinięcia sił ratownictwa, punktów

zabiegów specjalnych i w rejonach dogodnych do ewakuacji ludzi i sprzętu z rejonów porażenia.

Patrole rozpoznania inżynieryjnego wydzielane są z pododdziałów inżynieryjnych oddziałów, związków taktycznych i operacyjnych. Działają one w składzie grup /oddziałów/ ratunkowo - ewakuacyjnych. Patrole rozpoznania inżynieryjnego ustalają miejsca oraz rodzaj zniszczeń, zawał i pożarów, a także rejony zatopnione i szukają dróg ich obejścia.

Cele, zadania, siły i środki oraz sposoby prowadzenia rozpoznania rejonów porażenia bronią jądrową dotyczą również rejonów porażenia bronią neutronową. Istotne różnice polegają tu na innym /mniejszym/ stopniu trudności w realizacji zadań rozpoznawczych.

Po uderzeniach jądrowych z użyciem dotychczasowych ładunków rozpoznanie rejonów porażenia /w szczególności powietrzne/ jest porażenie utrudnione.

Po uderzeniach powietrznych conajmniej 0,5 godziny po wybuchu utrzymuje się w powietrzu gęsty obłok pyłowy, który uniemożliwia obserwację. Po rozwianiu przez wiatr i opadnięciu pyłu, w wielu przypadkach następuje pełny rozwój pożarów i wwtwarzające się dymy mogą przez następne kilka godzin poważnie utrudnić obserwację z powietrza.

Po uderzeniach naziemnych rozpoznanie rejonu porażenia jest jeszcze bardziej utrudnione. Ocenia się, że łączny czas utrzymywania się obłoku pyłowego nad rejonem porażenia i jego przemieszczenia się na bezpieczną odległość dla działania śmigłowców wynosi 1 - 1,5 godziny. Po tym czasie obserwacja nadal będzie utrudniona z powodu pożarów i dymów.

Zasadniczo inna sytuacja powstaje w rejonie uderzenia neutronowego. Zniszczenia, pożary, skażenia terenu i zapylenie atmosfery obejmują niewielki obszar w pobliżu punktu zerowego wybuchu. Rozpoznanie rejonu porażenia, zarówno powietrzne jak

i naziemne, możliwe będzie już po kilkunastu minutach.

Zmniejsza się również zakres zadań rozpoznawczych i zmniejszają trudności w ich wykonaniu. Teren będzie mało zniszczony i łatwy do pokonania na dowolnych środkach transportowych.

Dodatkowym i ważnym zadaniem organów rozpoznawczych będzie ustalenie lub potwierdzenie informacji o tym, że był to wybuch neutronowy. Informację tę, jak wyjaśniliśmy w punkcie drugim niniejszego rozdziału, nie zawsze ze stu procentową pewnością będziemy mogli uzyskać z sieci wykrywania wybuchów jądrowych. Natomiast odróżnienie wybuchu neutronowego od rozszczepieniowego małej mocy na podstawie jego skutków jest stosunkowo łatwe.

3.10.2. Odtwarzanie naruszonego dowodzenia.

Uderzenie neutronowe wykonane na stanowisko dowodzenia pałku dywizji i armii eliminuje go z systemu dowodzenia.

Odtwarzanie naruszonego dowodzenia po uderzeniach neutronowych oparte powinno być na tych samych zasadach, które dotyczą uderzeń jądrowych /rozszczepieniowych/.

Są to zasady:

- wzajemnej zamienności punktów dowodzenia w każdym ogniwie;
- przejmowania dowodzenia przez niższe ogniwa ;
- przejmowania dowodzenia przez wydzielone elementy z wyższego ogniwa;
- tworzenia nowych punktów dowodzenia z wykorzystaniem niektórych elementów z dotychczasowych punktów dowodzenia;
- uzupełniania ludzmi i sprzętem częściowo obezwładnionych punktów dowodzenia.

3.10.3. Prace ratunkowe, lecznicze i ewakuacyjne.

Prace ratunkowe, lecznicze i ewakuacyjne prowadzone podczas likwidacji skutków napadu jądrowego obejmują: wyszukiwanie rannych i chorych, wyprowadzanie i wynoszenie ich z uszkodzonych i zniszczonych umocnień i wozów bojowych, udzielanie im pierwszej pomocy w rejonie porażenia, ewakuację z rejonów porażenia i udzielanie pomocy medycznej, a także ewakuację i naprawę sprzętu technicznego.

Prace te wykonuje się w początkowym okresie siłami zdolnych do walki żołnierzy z tych pododdziałów, które uległy działaniu wybuchu jądrowego, a następnie do akcji wkraczają grupy /oddziały/ ratunkowo-ewakuacyjne.

W rejonie wybuchu neutronowego zmienia się struktura strat ludzi oraz inne są skutki działania czynników rażenia na sprzęt, obiekty fortyfikacyjne, obiekty terenowe i roślinność. Powoduje to zmniejszenie objętości prac w rejonie porażenia i zmniejszenie stopnia trudności w ich wykonaniu.

Wyszukiwanie rannych i chorych oraz wyprowadzanie i wynoszenie ich z uszkodzonych umocnień w rejonie uderzenia jądrowego prowadzi się w strefach skażeń, zniszczeń i pożarów. Żołnierze udzielający pomocy działają w indywidualnych środkach ochrony przed skażeniami. Dotarcie do porażonych utrudnione jest zniszczeniem dróg i urządzeń drogowych, zawałami w lasach, zagruzowaniem osiedli i pożarami. Wymaga to angażowania do akcji ratowniczej pododdziałów wyposażonych w sprzęt do rozpoznania inżynierskiego i skażeń, do torowania dróg oraz gaszenia pożarów. Wyprowadzanie i wynoszenie ludzi ze zniszczonych umocnień wymaga oczyszczania /odkopywania, odgruzowywania/ wejść lub też wykonywania otworów w stropach /ścianach/. Uwalnianie ludzi z uszkodzonych wozów bojowych i pojazdów mechanicznych często wymaga użycia specjalistycznych narzędzi i palników acetylenowych.

W rejonie uderzenia neutronowego problemy te wystąpią w znacznie mniejszej skali. Łączna powierzchnia różnego rodzaju zniszczeń terenowych i zniszczeń sprzętu bojowego oraz skażeń i pożarów obejmuje mniej niż 10 % powierzchni rejonu porażenia neutronowego. Na pozostałym obszarze nie będzie trudności z dotarciem grup ratunkowo-ewakuacyjnych do porażonych i prowadzeniem akcji ratowniczej. Ponadto żołnierze prowadzący akcją ratowniczą będą mogli działać bez indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, co znacznie ułatwia i przyspiesza prace ratunkowe.

Udzielanie pierwszej pomocy polega na samopomocy, pomocy wzajemnej i pomocy udzielanej przez personel służby zdrowia bezpośrednio w rejonie porażenia. W rejonie uderzenia jądrowego pierwsza pomoc ma bardzo ważne znaczenie gdyż decyduje o rezultatach dalszego leczenia porażonych. Polega ona na gaszeniu palącej się i tłącej odzieży, tamowaniu krwotoków, stosowaniu sztucznego oddychania, bandażowaniu ran, opatrywaniu oparzeń, unieruchamianiu złamanych kończyn, a także wyprowadzaniu i wynoszeniu porażonych z niebezpiecznych miejsc/groźących zapaleniem się, wybuchem, zawaleniem/.

Zupełnie inaczej będzie wyglądać pierwsza pomoc w rejonie porażenia bronią neutronową, gdzie urazy mechaniczne i termiczne mogą występować wyłącznie u tych ludzi, którzy poniosą natychmiastową śmierć. U wszystkich pozostałych przy życiu nie będzie się obserwować jakichkolwiek zewnętrznych urazów. Typowymi objawami porażen będą różne stadia wczesnej choroby popromiennej: obłęd /delirium/, omdlenia, wymioty, uczucie strachu, nadpobudliwość lub apatia.

W pierwszych godzinach po wybuchu u znacznej części porażonych /nawet u tych, którzy otrzymali dawki śmiertelne/ mogą nie wystąpić żadne objawy chorobowe. W takiej sytuacji udzielanie pierwszej pomocy w rejonie porażenia może się ograniczać do podawania

środków antyradiacyjnych, wzmacniających i uspakajających .

Ewakuacja ludzi z rejonu porażenia bronią jądrową na punkty medyczne odbywa się transportem sanitarnym, transportem ogólnego przeznaczenia oraz przy częściowym wykorzystaniu środków transportowych porażonego pododdziału. W rejonie uderzenia neutronowego znaczną część środków porażonego pododdziału będzie można wykorzystać do tego celu. Zmniejszy to w poważnym stopniu zapotrzebowanie na transport z zewnątrz.

Na punktach medycznych udziela się fachowej pomocy lekarskiej, w przypadkach nie cierpiących zwłoki przeprowadza się niezbędne zabiegi chirurgiczne i operacje oraz segreguje się porażonych i przygotowuje się ich do dalszych etapów ewakuacji /np. do szpitali polowych i stacjonarnych/, a lżej rannych żołnierzy po zaopatrzeniu kieruje się do pododdziałów. Pomoc lekarska porażonym w rejonach uderzeń neutronowych sprowadzać się będzie przede wszystkim do leczenia objawowego.

Warto wskazać w tym miejscu na poważne trudności jakie mogą wystąpić podczas segregacji porażonych w rejonie uderzenia neutronowego. W wielu przypadkach wystąpi kompletny brak kryteriów do postawienia prawidłowej diagnozy. Mogą zdarzać się przypadki uznawania ludzi porażonych za zdrowych i odwrotnie. Trudności te wiążą się z zawodnością metod dozymetrii neutronowej. Ale nie tylko, gdyż nawet przy wyposażeniu każdego żołnierza w niezawodny dozymetr inne bywają warunki napromienienia dozymetru a inne całego organizmu i stąd dawka nie zawsze może świadczyć o stopniu porażenia organizmu. Pewną diagnozę można postawić po laboratoryjnym badaniu krwi. Istnieje więc konieczność upowszechnienia tych metod diagnozy w warunkach polowych.

Większość pojazdów mechanicznych i wozów bojowych w rejonie uderzenia neutronowego nie utraci właściwości użytkowych. Stąd ewakuacja ich do rejonów zbiórek nie wymaga angażowania dużej ilości środków technicznych. Część pojazdów może być

wyprowadzona do rejonu zbiórki siłami żołnierzy pododdziału porażonego.

3.10.4. Zabiegi sanitarne i specjalne.

W celu uniknięcia porażenia substancjami promieniotwórczymi, które dostały się na powierzchnię ciała, umundurowania, oporządzenia, uzbrojenia i sprzętu bojowego przeprowadza się zabiegi sanitarne i specjalne.

Częściowe zabiegi sanitarne przeprowadza się zazwyczaj w rejonie porażenia bronią jądrową w ramach udzielania pierwszej pomocy lub bezpośrednio po wyjściu ze strefy skażonej. Całkowite - na punkcie zabiegów specjalnych, który rozwija się siłami grupy ratunkowo-ewakuacyjnej poza rejonem porażenia.

Zabiegi specjalne /dezaktywację/ umundurowania, oporządzenia broni i sprzętu bojowego przeprowadza się po wyjściu ze stref skażonych; częściowe - własnymi siłami, a całkowite własnymi siłami lub na punktach zabiegów specjalnych.

Przeprowadzenie zabiegów sanitarnych i specjalnych niezbędne jest w zasadzie tylko po wyprowadzeniu wojsk ze stref skażeń po naziemnych i niskich powietrznych wybuchach jądrowych. W rejonach wysokich powietrznych wybuchów jądrowych i wybuchów neutronowych na obszarze, gdzie może nastąpić niebezpieczne skażenie ludzi i sprzętu następuje natychmiastowe ich rażenie /zniszczenie/.

Niemniej, podczas organizacji akcji ratunkowo-ewakuacyjnej, wskazane rozwijać jest punkty zabiegów specjalnych, gdzie celowo jest przeprowadzić zabiegi sanitarne ludzi /częściowo w celach higienicznych/ oraz dezaktywację /mycie/ sprzętu, który następnie kieruje się do naprawy. Punkt zabiegów specjalnych wykorzystuje się w końcowej fazie akcji ratowniczej do przeprowadzenia zabiegów sanitarnych i specjalnych grupy ratunkowo-ewakuacyjnej.

3.10.5. Gaszenie /lokalizacja/ pożarów.

Gaszenie /lokalizację/ pożarów organizuje się tylko w rejonach wykonywania zadań bojowych i w miejscach, gdzie zagraża niebezpieczeństwo ludziom, sprzętowi bojowemu i środkom materiałowym.

Duże znaczenie ma natychmiastowe przystąpienie do gaszenia pożarów po ich powstaniu, co zapobiega tworzeniu się dużych ognisk pożaru.

W rejonach wybuchów jądrowych /rozszczeniowych/ w strefach pożarów zazwyczaj znajdują się ludzie zdolni do ich lokalizacji. Sytuacja taka jest charakterystyczna dla wybuchów jądrowych /rozszczeniowych i termojądrowych/, gdzie strefy pożarów obejmują zwykle duże obszary, na których znajdują się pododdziały tylko częściowo porażone. Pożary te mogą powodować dodatkowe straty w ludziach i sprzęcie oraz utrudniają dotarcie grup ratunkowo-ewakuacyjnych i prowadzenie prac ratunkowych. Mało prawdopodobne jest powstanie takiej sytuacji w rejonie uderzenia neutronowego. Strefa pożaru /o ile wystąpi/ będzie zwykle mniejsza od obszaru natychmiastowego rażenia ludzi. Dlatego problem gaszenia /lokalizacji/ pożarów wystąpi tu z mniejszą ostrością. Nie mniej jednak, podczas działań w lasach, przy suchej, letniej pogodzie, może zaistnieć problem zatrzymania rozprzestrzeniającego się ognia na dużym obszarze poza strefą rażenia ludzi. Gaszenie pożarów leśnych wymagać będzie wówczas zaangażowania dużych zespołów ludzkich i różnego rodzaju sprzętu /spycharki, motopompy, cysterne, instalacje IRS, gaśnice itp./.

4. Wnioski .

A. W zakresie taktyczno-operacyjnego zagrożenia naszych wojsk bronią neutronową.

1. Broń neutronowa może powiększyć potencjał jądrowy wojsk lądowych NATO, a więc i możliwości związków taktycznych i operacyjnych nieprzyjaciela w rażeniu naszych wojsk zmechanizowanych i pancernych; głównie w taktycznej strefie obrony. Broń neutronowa prawdopodobnie nie wyeliminuje dotychczasowych ładunków jądrowych małej mocy.

2. Broń neutronowa może być stosowana we wszystkich rodzajach działań bojowych i nie ma podstaw do stwierdzeń, że jest to broń defensywna lub ofensywna. Ogólne zasady i sposoby użycia broni jądrowej w podstawowych rodzajach działań bojowych, a w tym przede wszystkim zasady zaskoczenia i zmasowania, w pełni dotyczyć będą także broni neutronowej.

B. W zakresie wpływu broni neutronowej na charakter i zasady współczesnej walki.

1. Wprowadzenie broni neutronowej do arsenałów NATO nie wpłynie generalnie na dotychczas przewidywany charakter przyszłej wojny jądrowej i nie wprowadza zasadniczych zmian do obowiązujących aktualnie zasad walki ogólnowojskowej w warunkach użycia broni masowego rażenia. Nie zmienia się również w sposób istotny rola i znaczenie w tej walce podstawowych rodzajów wojsk.

2. W działaniach bojowych z użyciem broni neutronowej najwięcej problemów może pojawić się w dziedzinie wszech-

stronnego zabezpieczenia działań bojowych. Problemy te w większości dotyczą technicznej strony realizacji przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia, zabezpieczenia inżynierskiego, technicznego, medycznego i materiałowego oraz uzupełnień.

C. W zakresie wykrywania uderzeń neutronowych.

1. Wykrywanie wybuchów neutronowych w wojskach operacyjnych można organizować w oparciu o te same zjawiska fizyczne, metody i pododdziały jakie wykorzystuje się do wykrywania uderzeń jądrowych rozszczepieniowych i termojądrowych.

2. Aktualny system wykrywania wybuchów jądrowych wojsk operacyjnych nie zapewnia możliwości odróżnienia wybuchu neutronowego od wybuchu jądrowego rozszczepieniowego małej mocy. Problem

ten można rozwiązać przez jednoczesne stosowanie dwóch różnych metod pomiarowych, z których jedna byłaby metodą radiotechniczną; pod warunkiem, że ulegnie poprawie dokładność /zmniejszy się błąd/ pomiaru mocy wybuchu. Wiąże się to z koniecznością modernizacji sprzętu stosowanego do wykrywania wybuchów jądrowych.

3. Błąd w określeniu odległości od wybuchu /jego współrzędnych/, w zależności od metody pomiarowej, waha się w granicach 0,2-1 km. Przy metodzie wizualnej, która obecnie ma najszersze zastosowanie w wojskach operacyjnych, wynosi około 1 km. Jest on porównywalny z promieniem rażenia wybuchu neutronowego. Oznacza to, że pomiary współrzędnych metodą wizualną nie zapewniają dostatecznie dokładnych danych do prognozowania skutków uderzeń neutronowych.

4. Błąd w określeniu wysokości wybuchu jest stosunkowo najmniejszy przy metodzie światłotechnicznej. Pozostałe

metody w zasadzie nie dostarczają informacji o wysokości wybuchu, a jedynie informują o jego rodzaju/powietrzny, naziemny, podziemny/. Dokładne dane o wysokości wybuchu nie są jednak niezbędne w sztabach wojsk operacyjnych. Informacja o rodzaju wybuchu jest w zasadzie wystarczająca również przy wykrywaniu wybuchów neutronowych .

D. W zakresie inżynierskiej rozbudowy rejonów zajmowanych przez wojska i obiekty tyłowe .

1. Właściwości ochronne urządzeń inżynierskich przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego są niezbyt duże i nieco pogarszają się w porównaniu z wybuchem rozszczepieniowym. Transzeje i rowy łączące osłabiają to promieniowanie 1,6-2,6 raza, pojedyncze okopy 4 razy, a schrony przedpiersiowe 200-500 razy. Niemniej, inżynierska rozbudowa rejonów jest ze wszech miar wskazana i stanowi istotny element obrony przeciwneutronowej.

2. W celu poprawy właściwości ochronnych polowych urządzeń inżynierskich wskazane jest przykrywać je warstwą ziemi o grubości 1-1,3m , co zapewnia ponad 500 krotne osłabienie dawki promieniowania.

3. Całkowitą ochronę przed promieniowaniem przenikliwym zapewniają schrony stałe, dla których krotność osłabienia dawki odpowiada krotności wymaganej / $10^4 - 10^6$ /. Zapewnienie takiej krotności osłabienia dawki w warunkach polowych jest trudne.

E. W okresie prognozowania stref /rejonów/ porażen, skażeń, zniszczeń i pożarów.

1. Zasady prognozowania stref porażen /strat/ ludzi w rejonach uderzeń jądrowych pozostają w mocy również w warunkach stosowania broni neutronowej. W związku ze zmianą wielkości rejonów porażen neutronowych, w stosunku do rozszczepieniowych o tej samej mocy, w prognozowaniu należy wykorzystywać specjalne do tego celu sporządzone tablice. Straty można również ocenić na podstawie tablic dotyczących broni jądrowej rozszczepieniowej, przyjmując zwiększenie mocy ładunku od 5 do 50 razy /w zależności od rodzaju ukrycia ludzi/. Przy szacunkowej ocenie strat można przyjmować, że uderzenie neutronowe powoduje utratę zdolności bojowej pododdziału typu: bp, bcz, da itp.

2. Do prognozowania stref utraty właściwości użytkowych sprzętu bojowego, na użyteczność którego niewielki wpływ wywiera promieniowanie przenikliwe oraz urządzeń fortyfikacyjnych, zapór drutowych i min można korzystać z tabel dotyczących powietrznych uderzeń jądrowych/rozszcepieniowych/ przyjmując dwukrotnie mniejszą moc ładunku. Uwzględnienie wpływu promieniowania przenikliwego wymaga korzystanie z dodatkowych tabel.

3. W związku z niewielkim skażeniem promieniotwórczym i niewielkimi zniszczeniami terenowymi w rejonie uderzenia neutronowego oraz brakiem skażeń na śladzie obłoku promieniotwórczego nie istnieje potrzeba prognozowania stref skażeń promieniotwórczych i zniszczeń terenowych po uderzeniach neutronowych.

4. Prognozowanie pożarów w rejonie uderzenia neutronowego prowadzi się według ogólnych zasad prognozowania sytuacji pożarowej po uderzeniach jądrowych. Wielkości stref pożarów można ocenić na podstawie tabel dotyczących powietrznych wybuchów jądrowych o dwukrotnie mniejszej mocy.

5. Ze względu na niewielkie rozmiary stref porażenia, skażenia, zniszczeń i pożarów większość informacji o skutkach uderzenia neutronowego nie można przedstawić graficznie na mapie mniej dokładnej niż w skali 1 : 100 000. Uderzenia neutronowe należy więc nanosić na mapy mniej dokładne tylko znakiem taktycznym.

F. W zakresie wykorzystywania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, sprzętu bojowego i terenu.

1. Indywidualne środki ochrony przed skażeniami nie chronią przed promieniowaniem przenikliwym, wybuchu neutronowego, a próby ich wykonania są technicznie nieuzasadnione.

Wykorzystywanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami podczas działań w rejonach uderzeń neutronowych /np. podczas przekraczania lub akcji ratowniczej/ może być konieczne w przypadku suchej pogody i tylko w pobliżu punktu zerowego wybuchu.

2. Właściwości ochronne sprzętu bojowego przed promieniem przenikliwym wybuchu neutronowego są znikome. Transportery opancerzone osłabiają dawkę promieniowania ok. 1,1 a czołgi 2 krotnie.

Zwiększenie efektywności ochronnej sprzętu bojowego można osiągnąć poprzez stosowanie wykładzin przeciweutronowych co może spowodować 20-30 procentowe zmniejszenie powierzchni

rażenia ludzi w czołgach.

Zapewnienie osłony ludzi w czołgach i transporterach opancerzonych w odległości mniejszej niż 990 m od punktu zerowego wybuchu jest bardzo trudne, a mniejszej od 850 m - technicznie nieosiągalne.

3. Wskaźniki właściwości ochronnych terenu przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego i rozszczepieniowego są zbliżone. Procent zmniejszenia powierzchni rażenia ludzi nie ukrytych w zależności od rzeźby terenu, wynosi od 5 do 35. Umiejętne wykorzystanie terenu/ dolin, jarów, wąwozów, wykopów, a także piwnic, tuneli i innych urządzeń/ może zmniejszyć straty wojsk od uderzeń neutronowych, a jednocześnie zmniejsza potrzeby w inżynieryjnej rozbudowie rejonów.

G. W zakresie rozpoznania skażeń w rejonach uderzeń neutronowych.

1. Patrole rozpoznania skażeń po 1 godzinie po wybuchu mogą prowadzić rozpoznanie do następujących granic /odległości od punktu zerowego/:

- pieszo 200-250 m ;
- na samochodach 100 m ;
- na transporterach opancerzonych i czołgach mogą osiągnąć /przekroczyć/ punkt zerowy.

2. Cel, zadania i sposoby działania patroli rozpoznania skażeń w rejonie uderzenia neutronowego są analogiczne jak w rejonach powietrznych uderzeń jądrowych. Obszary działań patroli będą niewielkie, a zatem krótki będzie czas i niewielki stopień trudności wykonania tych zadań.

H. W. zakresie przekraczania stref skażonych i zapewnienia żołnierzom ochrony podczas działań w terenie skażonym.

1. Rejony uderzeń neutronowych można przekraczać na dowolnych środkach transportowych bezpośrednio po wybuchu.

2. Po wejściu w rejon uderzenia neutronowego po upływie kilku minut od wybuchu krótkotrwałe działanie możliwe jest do granicy /odległości od punktu zerowego/ 200-250m, długotrwałe 0,5-0,6 km.

3. Zasady wykorzystania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami podczas przekraczania rejonów uderzeń neutronowych i długotrwałego działania w terenie skażonym, są takie same jak w strefach skażeń po naziemnych uderzeniach jądrowych.

I. W zakresie kontroli dozymetrycznej.

1. Sprzęt dozymetryczny, zarówno aktualnie używany jak też planowany do wprowadzenia do wojsk w najbliższym czasie nie zapewnia prawidłowej realizacji zadań kontroli napromienienia żołnierzy w rejonach uderzeń neutronowych.

2. Istnieje możliwość orientacyjnej oceny dawki otrzymanej w rejonie uderzenia neutronowego na podstawie wskazań dozymetru jonizacyjnego. W tym celu należy dawkę zmierzoną dozymetrem jonizacyjnym pomnożyć przez współczynnik, który w zależności od tej dawki wynosi od 2 do 10.

3. Kontrolę stopnia skażenia w rejonach uderzeń neutronowych organizuje się na ogólnych zasadach. Pomiary stopnia skażenia niektórych rodzajów sprzętu bojowego/czołgi, transportery opancerzone, działa artyleryjskie/ mogą być zakłóco-

ne lub wręcz uniemożliwione aktywacją tego sprzętu.

J. W zakresie zabiegów profilaktycznych.

1. W działaniach bojowych z użyciem broni neutronowej wzrasta rola profilaktyki radioochronnej. Celowe jest stosowanie preparatów radioochronnych, które w dużym stopniu mogą zmniejszyć skutki napromienienia.

2. Środki radioochronne, znajdujące się aktualnie na wyposażeniu wojsk nie w pełni odpowiadają wymogom neutronowego pola walki, głównie ze względu na małą ich skuteczność w przypadkach wprowadzenia do organizmu po napromienieniu i niskie współczynniki redukcji dawek. Istnieją realne możliwości poprawy tego stanu rzeczy, m.in. przez wprowadzenie nowych specyfików i stosowanie mieszanin substancji radioochronnych.

K. W zakresie likwidacji skutków użycia broni neutronowej.

1. Powietrzne i naziemne rozpoznanie rejonów porażenia bronią neutronową nie będzie utrudnione zniszczeniami, pożarami, skażeniami terenu i zapyleniem atmosfery. Zmniejsza to zakres zadań rozpoznawczych jak też i stopień trudności w ich wykonaniu w stosunku do rozpoznania rejonów broni jądrowej rozszczepieniowej i termojądrowej.

Dodatkowym zadaniem organów rozpoznawczych może być potwierdzenie /ustalenie/ rodzaju użytego ładunku.

2. Odtwarzanie naruszonego dowodzenia po uderzeniach neutronowych oparte powinno być na tych samych zasadach które dotyczą uderzeń jądrowych /rozszcepieniowych/.

3. W rejonach uderzeń neutronowych zmienia się zakres i sposób realizacji prac ratunkowych leczniczych i ewakuacyj-

nych. Na powierzchni przekraczającej 90% rejonu porażenia nie będzie trudności z dotarciem grup ratunkowo-ewakuacyjnych do porażonych i prowadzeniem akcji ratowniczej. Udzielenie pierwszej pomocy w rejonie porażenia może ograniczyć się do podawania środków antyradiacyjnych, wzmacniających i uspokajających, gdyż nie będą występować typowe objawy porażen kombinowanych /stłuczenia, rany cięte, złamania kończyn i oparzenia/. Ułatwiona będzie ewakuacja ludzi, zarówno ze względu na rodzaj prążeń jak też w związku z możliwością wykorzystania części środków transportowych porażonego pododdziału.

Poważne trudności mogą pojawić się w stawianiu diagnozy i segregacji porażonych; tak w rejonie porażenia jak i na punktach medycznych.

4. Pododdziały wyprowadzane z rejonów porażen bronią neutronową w zasadzie nie będą wymagać zabiegów specjalnych i sanitarnych. Zabiegi sanitarne ludzi mogą być jednak prowadzone w celach higienicznych, a dezaktywacja sprzętu /mycie/ - w ramach przygotowania do naprawy.

5. Problem gaszenia /lokalizacji/ pożarów w rejonach uderzeń neutronowych występuje z mniejszą ostrością w porównaniu do rejonów uderzeń jądrowych /rozszczeniowych i termojądrowych/. Jednak podczas działań w lasach, przy suchej letniej pogodzie, gaszenie rozprzestrzeniających się pożarów może wymagać angażowania znacznej ilości sił i środków.

UWAGI KONCOWE I PROBLEMATYKA DALSZYCH BADAŃ.

W warunkach wciąż istniejącej groźby rozpętania przez agresywny blok NATO wojny z użyciem broni masowego rażenia, a w tym broni neutronowej, ważną sprawą jest ciągle podnoszenie gotowości obronnej armii Państw -Stron Układu Warszawskiego oraz doskonalenie środków i sposobów obrony przed bronią masowego rażenia.

Warunkiem niezbędnym do wypracowania skutecznych metod obrony przed jakimkolwiek środkiem walki jest wszechstronne poznanie jego parametrów techniczno-bojowych i zasad jego użycia.

W rozprawie przedstawiono charakterystykę broni neutronowej oraz właściwości jej rażącego działania i na tej podstawie rozpatrzono niektóre zagadnienia działań wojsk i obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach jej użycia.

Z przeprowadzonych badań wynika, że broń neutronowa jest pewną odmianą broni jądrowej małej mocy, która posiada szereg specyficznych cech odróżniających się od dotychczasowych rodzajów broni jądrowej. Dotyczy to zarówno budowy, zasady działania ładunku jądrowego i charakterystyki zjawisk fizycznych towarzyszących wybuchowi neutronowemu, jak też charakterystyki poszczególnych czynników rażenia tej broni. Cechy te decydują o specyficie rażącego działania broni neutronowej na ludzi, sprzęt bojowy i uzbrojenie oraz na urządzenia administracyjno-przemysłowe i roślinność. W rozprawie opracowane zostały szczegółowe tabele i wykresy ujmujące całokształt tych problemów.

Specyfika rażącego działania broni neutronowej stała się o tym, że broń neutronową należy rozpatrywać w kategoriach broni jądrowej, a jednocześnie w kategoriach nowego środka walki. Determinuje to sposoby działań wojsk i zasady obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że przedsięwzięcia obrony przed bronią masowego rażenia, w części dotyczącej broni jądrowej, dotyczą w pełni również obrony przeciwneutronowej, jednak ich realizacja może w wielu przypadkach przebiegać odmiennie.

Całościowa analiza problematyki działań bojowych wojsk i wszechstronnego ich zabezpieczenia w warunkach użycia broni neutronowej nie mogła być oczywiście pomieszczona w ramach jednej rozprawy, tak ze względu na rozległość tematyki jak i brak dostatecznej ilości materiałów teoretycznych i eksperymentalnych. Dlatego też, we wnioskach do poszczególnych rozdziałów, obok pewnych ustaleń zawarte jest szereg stwierdzeń alternatywnych, które wskazują na konieczność i kierunki dalszych badań naukowych.

Są to problemy zarówno operacyjno-taktyczne jak i techniczne.

Do problemów operacyjno-taktycznych, wymagających studiów teoretycznych i rozwiązań można zaliczyć: dowodzenie i pracę partyjno-polityczną w warunkach użycia broni neutronowej, zwalczanie środków napadu neutronowego, działanie w rejonach zurbanizowanych i wszechstronne zabezpieczenie działań bojowych.

Problematyka techniczna dotyczy przede wszystkim zagadnień związanych z doskonaleniem sprzętu i metod obrony przeciwnetronowej /wykrywanie wybuchów neutronowych, osłony przeciwradiacyjne, dozymetria neutronowa, profilaktyka, diagnostyka i terapia radiacyjna i.in./, a także wskaźników ilościowych działania promieniowania neutronowego na elementy konstrukcyjne sprzętu bojowego, urządzenia radioelektroniczne i sprzęt optyczny.

L I T E R A T U R A

1. AFHELD Herst, Das Ende der Panzerachlacht /kres bitwy panczernej/, Der Spiegel nr 8/77 rok str 52-53.
2. AGHEW Harold. Bemerkungen zur Huklearwaffe mit verstärkter Strahlungskomponente /Uwagi o broni neutronowej o podwyższonej radiacji/, Europäische Wehrkunde nr 1/1978 r str. 15-16.
3. BAŁTRUKIEWICZ Zenon, Rażące działanie neutronów wybuchu jądrowego. Przegląd Kwatermistrzowski nr 1/1978 r str. 39-46.
4. Bomba neutronowa w Europie, wyd. SIPRI Stockholm/tłumaczenie polskie w WICHiR nr T/427/.
5. Broń neutronowa. Pięć odpowiedzi na pięć pytań./tłumaczenie polskie w WICHiR nr T/430 artykułu zamieszczonego w "Bundeswehr Aktuell" nr 27/77 r pt. "Die Neutronenwaffe - fünf Antworten"/.
6. Bomba neutronowa, Der Spiegel nr 30 z dnia 18.VII.1977r /tłumaczenie Sygnały nr 10/21/ z dnia 5.10.1977r./
7. Broń neutronowa - pierwszy oficjalny komentarz./tłumaczenie polskie w WICHiR nr T/433 artykułu zamieszczonego w "International Defence Review pt. The neutron weapon - official comment/.
8. BRUNNER Dominique. Następstwa broni neutronowej dla szwajcarskiej obrony terytorialnej, Schweizer Soldat nr 10/1977r /tłumaczenie polskie artykułu w WICHiR nr T/431/.
9. BRUNNER Dominique, Die Neutronen-Waffe und die NATO strategie, /Broń neutronowa i strategia NATO/, Schweizer Soldat nr 1/78r.

10. COHEN Sam - ekspert do spraw uzbrojenia wyjaśnia dlaczego Stany Zjednoczone wprowadziły czystą broń jądrową do swego arsenału /tłumaczenie polskie w WICHIR nr T/428 wywiadu udzielonego przez Cohena Barbarze Weakine i zamieszczonego w czasopiśmie "The people/.
11. COHEN T.Sam, Nuklearwaffen mit verstärkter Strahlungskomponenten /Broń jądrowa o podwyższonej radiacji/, Europäische Wehrkunde nr 5/78 r. str. 219-224.
12. DERECKI Juliusz - Promieniowanie jonizujące wyd.PWN Warszawa 1975 rok.
13. FEIGL Hubert, O rozwoju broni neutronowej,/tłumaczenie polskie w WICHIR nr T/432 artykułu z Europäische Wehrkunde nr 9/1977r.
14. FIEFOTOW N.D. i inni - Jądriernaja fizyka wyd. Atomizdat Moskwa 1961 rok.
15. FRISCH O.R. i inni - Sprawocznik po jądriernoj fizikie, tłumaczenie z języka angielskiego Moskwa 1963 rok.
16. GAERTNER R. Neutronen - Gefechtsfeldwaffe /Broń neutronowa pola walki/, Wehrtechnik nr 10/1977 r. str. 13-18 /obszerne streszczenie ,Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 1/78r./.
17. GORJACZEW I.W. i inni - Raszczot i ispytanja zaszczity od rodiacji jądriernowo oruzja wyd. Atomizdat Moskwa 1976r.
18. HUSAIN Faruk, Nieznane skutki bomby neutronowej,Problemy nr 6/1978r.
19. IŁOWIECKI M, Promienie śmierci,Polityka 1977 rok nr 3/1065/ z 30 lipca 1977 roku.

20. IWANOW A, RYBKIN G. - Działanie rażące wybuchu jądrowego
wyd. MON 1962 rok str. 332.
21. IWANOW G, Osobiennosti porażajuszczewo diejstwa nejtron-
nych bojepripasow, Zarubieżnoje Wojennoje Obozrenije
nr 9/1978r.
22. IWANOW G, Nejtronnyje bojepripasy /amunicja neutronowa/,
Zarubieżnoje Wojennoje Obozrenije nr 10/1977 r. str. 37-39.
23. JAWOROWSKI - Radioaktywność a zdrowie ludzkie. wyd. Wiedza
Powszechna 1977 rok.
24. KALISKI S, Lasery - Synteza jądrowa wyd. Wiedza Powszech-
na. 1977 rok.
25. KRZYSZOWSKI Czesław, Działanie broni neutronowej, nr bibl.
Pf 18809.
26. LUCAS Hugh, Bomba neutronowa /tłumaczenie polskie w
WICHIR artykułu zamieszczonego w "Popular Mechanica"
nr 11/1977 r. pt. "The neutron bomb/.
27. LOGACZOW V. Nejtronnaja bomba /Bomba neutronowa/, Wojen-
nyj Wiestnik nr 1/1978 r. str 115-118 /tłumaczenie polskie
w Przeglądzie Wojsk Lądowych nr 7-8/1978r.
28. MENAHL S., Neutronenbombe fur die NATO? /Bomba neutronowa
dla NATO/, Flug Revue nr 11/1977 r. str. 16-17.
29. MIETTINEN Jorma, Bomba neutronowa i związana z nią
doktryna wyd. Uniwersytet Helsinki /tłumaczenie nr T/424
w WICHIR/.
30. MILOVANOW V, Tri lica nejtronnej bomby /trzy aspekty
bomby neutronowej/, Wojennyje Znanija nr 1/1978r. str. 38-39.
31. NOLLEMANN Jurgen, Zur Neutronen waffe, /O broni neutronowej/
Europaische Wehrkunde nr 9/1978r.

32. PALECKI Bolesław, Broń neutronowa, Przegląd Obrony Cywilnej nr 12/1977r.str.8-10
33. PIĘTA Jan, Przedsięwzięcia obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej, Myśl Wojskowa nr 4/1978r.
34. PIĘTA Jan, PROCYCZYN Janusz, O broni neutronowej, Warszawa, Towarzystwo Wiedzy Obronnej, zeszyt nr 94 str. 43-66.
35. PIĘTA Jan, Wykrywanie wybuchów jądrowych i określenie ich parametrów, Zeszyty Naukowe, nr 18/1978r.
36. PATEJ T. , Broń jądrowa. Podstawy fizyczne i techniczne oraz czynniki rażące broni jądrowej wyd. WAT 1963 rok.
37. Przeciw broni neutronowej, Zeszyty Dokumentacyjne nr 2/127, wyd. Centralny Ośrodek Dokumentacji Prasowej przy PAP 1978r.str.96.
38. RABAN Jerzy, Broń neutronowa, Przegląd Obrony Terytorium Kraju nr 1/1978r.
39. ROBINSON J.P., Bomba neutronowa a konwencjonalne środki masowego zniszczenia, Uniwersytet w Sussexy / tłumaczenie polskie w WICHiR nr T/426/.
40. ROS Herman, Neutrony zadają nowotworom ciężkie ciosy / tłumaczenie polskie w WICHiR nr T/435 artykułu zamieszczonego w Hew Scientist nr 19/1978 r. pt. Tumour take a hard knock from neutrons".
41. SERAFINOWICZ St. , Promieniowanie neutronowe, Wojskowy Przegląd Techniczny nr 1/1975 rok.
42. SOKOŁ J. , Broń neutronowa, Wojsko Ludowe nr 4/1978r. str. 68-71.

43. SENGHAAS D, KRALL G, Bomba neutronowa i polityka bezpieczeństwa narodowego jako ryzyko bezpieczne /tłumaczenie polskie w WIChiR nr T/425.
44. TAJGER T., Bomba neutronowa, Przegląd Morski nr 1/1978r.
45. WAHL Albert, Neutronen - Gefechtafeldwaffe glaubwürdige Abschreckung, /Broń neutronowa - pewne odstraszenie/, Wehrtechnik nr 1/78 str. 15-16.
46. ... while promoting the neutron bomb, /lansując bombę neutronową/, New Scientist, 22 September 1977r.
47. Zbiorowe - Bojowe Swojstwa jądrowo oruzija wyd. MO SSSR 1967 rok. str. 622:
48. Zbiorowe - Wstępny raport o broni neutronowej wyd. Instytut Badań Jądrowych, Warszawa 1978 rok str. 465.
49. ŻYTYŃSKI S. Substancje radioochronne, Wojskowy Przegląd Techniczny nr 1/ 1975r:

Wydrukowano w 30 egz.

Egz. nr 1-30 - Bibl. Nauk. OZS

Wyk. ppłk Pięta

Druk T.Z.

Druk ASG WP nr pf-1993/WW

