

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Egz. nr 2

Płk mgr inż. Edmund SIKORSKI

WPŁYW UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ NA DZIAŁANIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI (DZ, DPanc)

Rozprawa doktorska

12310

WARSZAWA 1984

AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

[redacted]
Egz. nr 2

Płk mgr inż. Edmund SIKORSKI

WPŁYW UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ NA DZIAŁANIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI (DZ, DPanc)

Rozprawa doktorska

12310

WARSZAWA 1984

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O W P
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

W Y D Z I A Ł W O J S K L A D O W Y C H

Do użytku służbowego
POUFNE
Egz. nr ..2.

Przekl. Prod. 479/21.08.95

BIBLIOTEKA NAUKOWA AGG WP
Nr ewid. 795
(MI)
Dział Zbiorów Specjalnych

Płk mgr inż. Edmund SIKORSKI

WPŁYW UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ NA DZIAŁANIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOSCI DYWIZJI /DZ,DPanc/

Rozprawa doktorska

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 12310
Akademii Obrony Narodowej

Opracowano pod kierownictwem naukowym płka doc. dr inż. Kazimierza NAWROCKIEGO

WARSZAWA 1984 r

SPIS TRESCI

strona

WSTEP 5

I. ZAGROŻENIE BRONIA NEUTRONOWA NIEPRZYJACIELA SYSTEMU ŁACZNOSCI DYWIZJI /DZ,DPanc/ 9

1. Pojęcie broni jądrowej 9

2. Koncepcja użycia broni jądrowej w działaniach bojowych według poglądów dowództwa NATO 10

2.1 Ogólna koncepcja użycia broni jądrowej 10

2.2 Ogólna koncepcja użycia broni neutronowej 14

3. Wpływ czynników rażenia broni neutronowej na elementy systemu łączności dywizji 19

3.1 Pojęcie systemu łączności i jego elementów 19

3.2 Czynniki rażenia broni neutronowej 20

3.2.1 Działanie fali uderzeniowej na siły i środki łączności 23

3.2.2 Działanie promieniowania cieplnego na siły i środki łączności 25

3.2.3 Działanie promieniowania przenikliwego na siły i środki łączności 30

3.2.3.1 Ogólna charakterystyka promieniowania przenikliwego 30

3.2.3.2 Działanie promieniowania przenikliwego na ludzi ..32

3.2.3.3 Działanie promieniowania przenikliwego na środki i urządzenia łączności 36

3.2.3.4 Utrata właściwości użytkowej sprzętu na skutek jego aktywacji neutronami 44

3.2.4 Promieniotwórcze skażenie terenu 54

3.2.5 Impuls elektromagnetyczny 56

3.2.5.1 Ogólna charakterystyka impulsu elektromagnetycznego 56

3.2.5.2 Określenie wielkości natężenia pola impulsu elektromagnetycznego 57

3.2.5.3 Obliczenia maksymalnego natężenia pola elektromagnetycznego podczas wybuchów neutronowych 66

3.2.5.4 Metodyka obliczania maksymalnej wartości siły elektromotorycznej w antenach i liniach kablowych.75

3.2.5.5 Obliczenia maksymalnej wartości sem zaindukowanej w antenach i liniach kablowych podczas wybuchów neutronowych 80

3.2.6 Wpływ wybuchów neutronowych na rozprzestrzenianie się fal radiowych 99
3.2.7 Porażenia kombinowane po wybuchu neutronowym 101
3.2.7.1 Porażenia ludzi wybuchem neutronowym 101
3.2.7.2 Rażenie środków łączności wybuchem neutronowym ...103
4. Wnioski 108
II. WPŁYW SKUTKÓW UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ NA DZIAŁANIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI /DZ,DPanc/ 113
1. Struktura organizacyjna polowego systemu łączności dywizji 113
1.1 Siły i środki przeznaczone do organizacji systemu łączności dywizji 114
1.2 Struktura organizacyjna i rozmieszczenie elementów węzła łączności stanowiska dowodzenia dywizji 115
2. Analiza wpływu skutków użycia broni neutronowej na siłę żywą i poszczególne rodzaje środków łączności występujące w systemie łączności dywizji 119
2.1 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na siłę żywą systemu łączności dywizji 119
2.2 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność radiową, radioliniową i radiotelefoniczną 121
2.2.1 Wpływ impulsu elektromagnetycznego wybuchów neutronowych na obwody antenowe środków radioelektronicznych 123
2.2.2 Oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego na pozostałe elementy środków radioelektronicznych 141
2.3 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność przewodową 145
2.4 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność środkami wojskowej poczty polowej 152
2.5 Funkcjonowanie systemu łączności dywizji w warunkach użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela 153
2.5.1 Odległości bezpiecznej pracy siły żywej i środków łączności podczas wybuchu neutronowego 153
2.5.2 Skutki wybuchu neutronowego w rejonie rozwinięcia WŁ SD dywizji 158
2.5.3 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w obronie 161

2.5.4 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w natarciu 164
2.5.5 Skutki wybuchu ładunku neutronowego nad kolumną marszową SD dywizji 168
2.5.6 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w rejonie wyjściowym /ześrodkowania/ 172
3. Wnioski 174
III. ZABEZPIECZENIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI PRZED SKUTKAMI UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ 179
1. Możliwości i sposoby zabezpieczenia sił i środków łączności przed skutkami użycia broni neutronowej ... 179
2. Kierunki doskonalenia sposobów zabezpieczania sił i środków łączności przed skutkami użycia broni neutronowej 191
2.1 Przy wykorzystaniu w systemie łączności dywizji aktualnie posiadanych środków i urządzeń łączności 191
2.2 W perspektywicznie wprowadzanych środkach i urządzeniach łączności 193
3. Wnioski 194
IV. WNIOSKI KONCOWE I PROPONOWANA PROBLEMATYKA DALSZYCH BADAŃ 197
V. WYKAZ LITERATURY 202
VI. ZAŁĄCZNIKI 208

W S T Ę P

Pod pozorem rzekomego zagrożenia potencjalny przeciwnik /Stany Zjednoczone i ich sojusznicy z NATO/ nieustannie zwiększa potencjał militarny. Między innymi w Stanach Zjednoczonych przystąpiono do seryjnej produkcji ładunków neutronowych, które w każdej chwili mogą być dostarczone do Europy i zastosowane na polu walki. Ocenia się, że w charakterze środków przenoszenia ładunków neutronowych mogą być wykorzystane: artyleria atomowa /haubice 203,2 i 155 mm/ oraz rakiety typu Lance i Pershing-2.

Aby usprawiedliwić rozkręcanie spirali zbrojeń, propaganda PENTAGONU przedstawia broń neutronową jako "humanitarny środek walki", którego użycie nie powoduje zniszczenia infrastruktury gospodarczej państw. W rzeczywistości jest to niezwykle groźna broń masowego rażenia, przeznaczona do obezwładniania w niespotykanej skali organizmów żywych oraz systemów radioelektronicznych w tym łączności

Wyposażenie wojsk NATO w udoskonalone środki walki, zwłaszcza w nowe rodzaje broni masowego rażenia, wymaga ciągłego poszukiwania adekwatnych sposobów obrony przed ich oddziaływaniem.

Celem niniejszej rozprawy jest określenie wpływu użycia broni neutronowej na ciągłość działania systemu łączności dywizji oraz sformuowanie propozycji jego obrony. Szczególnie wnikliwie zostanie zbadane w rozprawie oddziaływanie na system łączności dywizji dwóch czynników rażenia broni neutronowej, tj. promieniowania przenikliwego i impulsu elektromagnetycznego, determinujących zakres obezwładniania systemu łączności.

Badania wpływu promieniowania przenikliwego powinny umożliwić ustalenie skali utraty zdolności bojowej obsług środków łączności i właściwości użytkowych środków i urządzeń łączności /na skutek oddziaływania szybkich neutronów następują nieodwracalne zmiany struktury chemicznej detali teletechnicznych szczególnie elementó półprzewodnikowych, dyskwalifikujących przydatność eksploatacyjna sprzętu łączności/.

Badania wpływu impulsu elektromagnetycznego powinny umożliwi ustalenie skali zniszczeń sprzętu łączności pod wpływem zaindukowanej siły elektromotorycznej w antenach i w liniach kablowych.

W efekcie przeprowadzonych analiz autor zamierza przedstawić w rozprawie:

- wielkości stref utraty zdolności bojowej ludzi i właściwości użytkowych środków łączności;

odległości bezpiecznej pracy sił i środków łączności od centrum wybuchów ładunków neutronowych;

- propozycje uodpornienia perspektywicznych środków i systemów łączności na oddziaływanie czynników rażenia bronią neutronowej.

Aby osiągnąć założony cel, autor przyjął w badaniach następującą hipotezę roboczą:

Broń neutronowa może być użyta na współczesnym polu walki. Aktualne zabezpieczenie systemu łączności naszych dywizji przed czynnikami rażenia bronią neutronowej jest nie wystarczające. Zachodzi potrzeba dokonania szczegółowej analizy wpływu czynników rażenia na siły i środki łączności oraz aktualnie planowanych przedsięwzięć w zakresie obrony systemu łączności przed bronią masowego rażenia.

Analiza skutków oddziaływania poszczególnych czynników rażenia broni neutronowej na system łączności dywizji pozwoli określić zakres jego obezwładniania i sposoby obrony, a także możliwość podejmowania przedsięwzięć uodporniających. Analiza obecnie stosowanych przedsięwzięć w zakresie obrony przed bronią masowego rażenia pozwoli określić ich skuteczność przy oddziaływaniu czynników rażenia broni neutronowej oraz umożliwi sformułować propozycje dotyczące zabezpieczenia systemu łączności przed skutkami użycia broni neutronowej.

W toku prowadzonych badań autor uważa za niezbędne udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jaki jest wpływ poszczególnych czynników rażenia broni neutronowej na siły i środki łączności?

2. Jaki jest wpływ użycia broni neutronowej na propagację fal radiowych ?

3. W jakim zakresie użycie broni neutronowej może zdezorganizować funkcjonowanie aktualnie wykorzystywanego systemu łączności dywizji w natarciu, obronie, marszu i w rejonie wyjściowym do natarcia ?

4. Jakie istnieją możliwości i sposoby obrony systemu łączności dywizji przed skutkami użycia broni neutronowej ?

Założone w rozprawie cele autor zamierza osiągnąć w wyniku zastosowania przede wszystkim następujących metod badawczych:

- analizy krytycznej materiałów źródłowych;
- ankietowanie opinii specjalistów;
- analizy i syntezy matematycznej i logicznej badanych zjawisk.

Równolegle z dostępnymi w literaturze metodami analizy matematycznej, autor w rozprawie wykorzystał samodzielnie opracowaną metodę obliczeń wpływu impulsu elektromagnetycznego na konkretne rodzaje urządzeń radioelektronicznych i linii łączności.

Problematykę dotyczącą wpływu użycia broni neutronowej na działanie polowego systemu łączności dywizji przedstawiono w rozprawie w trzech rozdziałach.

W rozdziale pierwszym przedstawiono zagrożenie bronią neutronową systemu łączności dywizji. Zawarto w nim opis koncepcji użycia broni atomowej i neutronowej przez siły zbrojne NATO oraz ogólną charakterystykę środków przenoszenia broni neutronowej. Określono również wpływ poszczególnych czynników rażenia broni neutronowej na siłę żywą oraz środki i urządzenia łączności, a także na obiekty terenowe wykorzystywane w czasie rozwijania i pracy elementów węzłów łączności oraz na propagację fal radiowych. W rozdziale tym przedstawiono również metodykę obliczania maksymalnego natężenia pola elektromagnetycznego oraz zaindukowanej pod jego wpływem maksymalnej siły elektromotorycznej w antenach i liniach kablowych, a także obliczone ich wartości powstałe podczas wybuchów neutronowych o różnej mocy.

W rozdziale drugim dokonano oceny wpływu skutków użycia broni neutronowej na funkcjonowanie polowego systemu łączności dywizji. Zamieszczono w nim strukturę organizacyjną polowego systemu łączności dywizji oraz zasady rozmieszczania poszczególnych elementów systemu w terenie. W szczególności dokonano analizy wpływu skutków użycia broni neutronowej na siłę żywą i poszczególne rodzaje środków łączności występujących w systemie łączności dywizji, w tym określono oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego, jako najgroźniejszego czynnika rażenia środków łączności. Oceniono możliwości funkcjonowania systemu łączności dywizji w warunkach użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela.

W rozdziale trzecim przedstawiono problematykę zabezpieczenia polowego systemu łączności dywizji przed skutkami użycia broni neutronowej. Analizą objęto przedsięwzięcia dotyczące obrony systemu łączności zarówno przed bronią atomową jak i neutronową. Takie ujęcie zagadnienia dokonano z tego tytułu, że obrona systemu łączności dywizji przed bronią neutronową będzie organizowana w ramach ogólnej obrony przed bronią masowego rażenia. Przedsięwzięcia dotyczące obrony przed bronią neutronową rozpatrzono szerzej, a pozostałe - skrótowo. W rozdziale tym przeanalizowano możliwości i sposoby zabezpieczenia przed skutkami

ia broni neutronowej sił i środków łączności, wykorzystywanych aktualnie w systemie łączności dywizji. Wskazano również kierunki doskonalenia sposobów zabezpieczenia perspektywicznie wprowadzanych środków i urządzeń łączności, szczególnie przed impulsem elektromagnetycznym.

Pragnę serdecznie podziękować tym wszystkim, którzy okazali życzliwe zainteresowanie pracą, udzielili mnie szereg rad i wskazówek oraz pomogli rozwiązać wiele problemów badawczych.

Szczególną wdzięczność chciałbym wyrazić promotorowi płk doc. dr inż. Kazimierzowi Nawrockiemu, który kierując badaniami służył zawsze radą i skuteczną pomocą, płk doc. dr hab. inż. Janowi Pięcie za udzielenie cennych wskazówek specjalistycznych oraz Szefowi Katedry TwŁączn. płk dypl. mgr inż. Kazimierzowi Patkowskiemu i oficerom WIŁ za pomoc w opracowaniu metody obliczeń wpływu impulsu elektromagnetycznego na system łączności.

I. ZAGROŻENIE BRONIĄ NEUTRONOWĄ NIEPRZYJACIELA SYSTEMU ŁĄCZNOSCI DYWIZJI /DZ, DPanc/

1. Pojęcie broni jądrowej

W związku z tym, że w literaturze przedmiotu spotyka się różne określenia /pojęcia/ dotyczące broni jądrowej, atomowej czy neutronowej, jako wiarygodne źródło tych określeń autor przyjmuje obowiązujący w wojsku "Leksykon wiedzy wojskowej" /MON, 1979 r /.

Według Leksykonu wiedzy wojskowej "Broń jądrowa, to rodzaj broni masowego razenia, konstruowanej w oparciu o energię jądrową powstającą podczas reakcji rozszczepienia jąder ciężkich pierwiastków lub reakcji termojądrowej syntezy jąder lekkich pierwiastków".

Broń jądrowa ma zwykle postać bomby jądrowej, pocisku rakietowego z głowicą jądrową, pocisku artyleryjskiego, torpedy lub miny.

"Bomba rozszczepieniowa, potocznie bomba atomowa, to bomba, w której wykorzystuje się energię wydzielaną podczas rozszczepienia jąder uranu - 235 lub plutonu - 239".

"Bomba termojądrowa, potocznie bomba wodorowa, to bomba jądrowa, w której wykorzystana jest energia wydzielana podczas syntezy jąder pierwiastków lekkich /np. wodorek litu, deuterek litu/ ".

"Bomba neutronowa, to bomba termojądrowa, w której energia wydziela się w wyniku reakcji syntezy deuteru z trytem; głównym czynnikiem rażącym jest promieniowanie przenikliwe, a zwłaszcza promieniowanie neutronowe".

Korzystając z powyzszych określeń oraz analizy literatury dotyczącej przedmiotu, a także zakresu tematu w dalszej części pracy autor przyjmuje następujące pojęcia:

- przez broń jądrową rozumie się zarówno broń rozszczepieniową /atomową/ jak i syntezy /neutronową/;
- przez broń atomową rozumie się broń jądrową działającą na zasadzie rozszczepienia jąder ciężkich pierwiastków;
- przez broń neutronową rozumie się broń jądrową działającą na zasadzie reakcji termojądrowej syntezy jąder pierwiastków lekkich.

2. Koncepcja użycia broni jądrowej w działaniach bojowych według poglądów dowództwa NATO

2.1 Ogólna koncepcja użycia broni jądrowej

Zgodnie z zasadami strategii elastycznego reagowania, starcie zbrojne między państwami NATO i Układu Warszawskiego może mieć charakter konfliktu ograniczonego lub powszechnej wojny jądrowej.

Ograniczony konflikt zbrojny, według oceny dowództwa NATO, może wystąpić na jednym lub kilku lądowych teatrach działań wojennych, czy też w jednym lub kilku morskich rejonach strefy NATO.

Agresja w skali ograniczonej może być dokonana przeciw jednemu z państw Układu Warszawskiego lub przeciwko jednemu czy też grupie państw utrzymujących przyjazne stosunki z państwami wspólnoty socjalistycznej.

W pierwszym etapie, zgodnie z założeniami dowództwa NATO, ograniczony konflikt zbrojny może być prowadzony wyłącznie środkami konwencjonalnymi. Jednakże w trakcie rozszerzania się konfliktu do skali dużych operacji, dowództwo NATO przewiduje eskalację wojny ograniczonej i użycie taktycznej broni jądrowej już w pierwszych dniach konfliktu zbrojnego.

Na podstawie prowadzonych ćwiczeń, za najdogodniejszy moment przejścia do użycia broni jądrowej dowództwo NATO uważa sytuację, kiedy jedna z walczących stron znajdzie się w obliczu rozbicia, a będzie miała zbyt mało środków konwencjonalnych, aby zmienić sytuację na swoją korzyść.

W razie wybuchu powszechnej wojny jądrowej, siły zbrojne NATO zamierzają wykonać natarcie jądrowe na całym ETDW lub wybranym TDW. Za najefektywniejszy sposób rozpoczęcia powszechnej wojny uważa się zawczasu przygotowane uderzenie zaskakujące, które przy współczesnych środkach rażenia daje najlepsze możliwości osłabienia potencjału jądrowego nieprzyjaciela i zmniejsza jego szansę wykonania uderzenia odwetowego.

Według poglądów zachodnich, broń jądrowa może być użyta w ramach: /51/ *)

- globalnego natarcia jądrowego;
- natarcia jądrowego;
- wsparcia jądrowego wojsk.

---

*) Liczby podawane w nawiasach /51 .../ oznaczają numer pozycji w wykazie literatury.

Głównym celem globalnego natarcia jądrowego jest wywalczenie przewagi jądrowej, zniszczenie sił jądrowych i zasadniczych zgrupowań sił zbrojnych państw Układu Warszawskiego, zburzenie ośrodków ekonomicznych oraz zdezorganizowanie systemów kierowania państwami.

Obiektami uderzeń byłyby bazy rakietowe, magazyny amunicji jądrowej, lotniska strategicznych sił powietrznych, stanowiska i ośrodki dowodzenia, węzły komunikacyjne itp.

Globalne natarcie jądrowe a w jego ramach natarcie jądrowe na TDW, może trwać 3 - 7 dni, przy czym szczegółowo planuje się je na 3 dni.

Natarcie jądrowe na TDW może obejmować kilka zmasowanych uderzeń, których siła, natężenie i czas trwania zależne będą od aktualnego w danej sytuacji stosunku strategicznych sił jądrowych, od liczby celów i stopnia dokładności ich umiejscowienia, poniesionych strat własnych, możliwości dalszego narastania sił i innych czynników.
Niezależnie od zmasowanych uderzeń mogą być wykonywane pojedyncze lub grupowe uderzenia jądrowe.

Wsparcie jądrowe działań bojowych wojsk może się odbyć w ramach natarcia jądrowego. Natomiast natarcie jądrowe może być z synchronizowane z globalnym natarciem jądrowym. Wystąpić tu mogą wzajemnie powiązane warianty.

W związku z tym, że wsparcie jądrowe działań bojowych wojsk dotyczy szczególnie strefy taktycznej i operacyjno-taktycznej, ze względu na zakres tematu niniejszej rozprawy naukowej, w dalszej części będzie omawiany tylko ten sposób wykorzystania broni jądrowej.

Wsparcie jądrowe działań bojowych wojsk może mieć miejsce zarówno w działaniach zaczepnych jak i obronnych.

W działaniach przewiduje się uderzenia jądrowe podczas ogniowego przygotowania natarcia oraz w czasie wsparcia działań zaczepnych.

Podczas ogniowego przygotowania natarcia uderzenia jądrowego wykonuje się przed przygotowaniem artyleryjskim, najczęściej na 20 - 30 minut przed natarciem.

W zależności od głębokości planowanej operacji, regulaminy NATO i amerykańskie zalecają, aby dywizyjne środki przenoszenia broni jądrowej były wykorzystywane do uderzeń na cele położone w strefie taktycznej, a środki korpuśne - w strefie taktycznej i operacyjnej.

W celu uzyskania należytego obezwładnienia obrony nieprzyjaciela, dowództwo amerykańskie zamierza wykonywać zmasowane uderzenia jądrowe, zwłaszcza na siły i środki rozmieszczone w pierwszym pasie obrony.

Według przyjętych w NATO norm dla skutecznego obezwładnienia dywizji przeciwnika, znajdującej się w obronie w pierwszym rzucie armii, przewiduje się wykonać 9 - 12 uderzeń jądrowych o mocy od 0,1 do 30 kt..

Głównymi obiektami uderzeń jądrowych, zarówno w pierwszym jak i w drugim rzucie operacyjnym armii mogą być:

- środki przenoszenia i składy amunicji jądrowej;
- punkty i węzły oporu oraz umocnienia polowe;
- stanowiska ogniowe artylerii;
- rejony ześrodkowania drugich rzutów i odwodów, a zwłaszcza wojsk pancernych;
- stanowiska dowodzenia, węzły łączności i obiekty radiolokacyjnego systemu wykrywania i powiadamiania obrony powietrznej.

Na wojska rzeciwnika wychodzące do kontrataku /przeciwuderzenia/, Amerykanie przewidują wykonanie do 10 uderzeń o mocy od 1 do 5 kt na każdą dywizję /51 str. 116/.

Bezpośrednie wsparcie działań bojowych wojsk w obronie polega na wykonywaniu uderzeń bronią jądrową na zasadnicze elementy ugrupowania bojowego wojsk przeciwnika, a przede wszystkim na jego środki napadu jądrowego i składy amunicji specjalnej, stanowiska dowodzenia itp.

W okresie kontrprzygotowania przewiduje się wykorzystać 25-50 % przydzielonych ładunków jądrowych o mocy powyżej 10kt, a w okresie prowadzenia walki w głębi obrony - poniżej 20 kt. W tym okresie moze być zużyte 25 - 50 % posiadanych ładunków jądrowych.

Z oceny literatury dotyczącej koncepcji użycia broni jądrowej przez wojska NATO w czasie prowadzonych ćwiczeń wynika, że realizując założenia strategii "elastycznego reagowania", zakładającej prowadzenie na ETDW przede wszystkim działań konwencjonalnych i z użyciem taktycznej broni jądrowej we wszystkich manewrach i ćwiczeniach "WINTEX" od 1971r nie przerabiano zagadnień związanych z przejściem do powszechnej wojny jądrowej. Broń atomowa używana była w ograniczonym zakresie zarówno w strefie tyktycznej jak i operacyjnej, a w ćwiczeniach przeprowadzonych jesienią 1981r /od 1.09 do 6.11.1981r/ pod ogólnym kryptonimem "Autumn

Forge - 81" nie używano w ogóle broni atomowej /12/.

W ramach ostatnio przeprowadzanych ćwiczeń i manewrów wojsk NATO broń atomową używano przeważnie do bezpośredniego wsparcia wojsk w natarciu i obronie. W ćwiczeniach tych, taktycznej broni atomowej w pierwszej kolejności miały użyć wojska NATO, w warunkach groźby przerwania przedniej rubieży obronnej przez wojska Układu Warszawskiego.

Według poglądów amerykańskich /51 str.117/ z wykonaniem uderzenia jądrowego nie należy zwlekać do czasu, kiedy całość sił przeciwnika osiągnie gotowość do natarcia. Uderzenia jądrowe zaleca się wykonywać w okresie przygotowania do natarcia na wojska znajdujące się w rejonach ześrodkowania i w czasie marszu.

Poglądy te w połączeniu z nową natowską koncepcją prowadzenia działań wojennych /26 str. 6/ dają dopiero prawdziwy obraz planowanych na Zachodzie działań wojennych.

Coraz szersze stosowanie urządzeń elektronicznych w procesie wykrywania i identyfikacji celów oraz opracowywania i przekazywania danych w sytemach kierowania i informacji, a także użycie mikroprocesorów do opracowywania tzw. broni "inteligentnych", umożliwiają - zdaniem wojskowych specjalistów na Zachodzie - realizację nowej koncepcji działań.

Koncepcja ta - wyrażona amerykańskim terminem "Strike Deep" - jest wprawdzie związana głównie z wykorzystaniem nowych konwencjonalnych broni o dużym zasięgu i skuteczności działania. Zakłada ona przeniesienie głównego wysiłku walki ogniowej ze strefy taktycznej do operacyjno-strategicznej.

Nowe założenia przewidują:

1. Rozszerzenie pola bitwy w głąb terytorium przeciwnika.
2. Niszczenie lotnictwa przeciwnika na ziemi.
3. Dezorganizowanie podejścia wojsk drugiego i trzeciego rzutu przeciwnika przez zniszczenie umożliwiających mu przegrupowanie obiektów oraz zwalczanie wojsk w czasie marszu i w rejonach ześrodkowania.

Nowa koncepcja ma pozwolić na stworzenie warunków do pomyślnej realizacji zadań przez pierwszy strategiczny rzut sił zbrojnych NATO.

Biorąc pod uwagę wyżej podane poglądy amerykańskie na zasady użycia broni jądrowej nie jest wykluczone, że i w tej nowej koncepcji może być użyta broń jądrowa.

2.2 Ogólna koncepcja użycia broni neutronowej

Skutki użycia broni atomowej budzą pewne obawy wśród niektórych polityków i strategów NATO, szczególnie w czasie walk na własnym terytorium.

"Zagęszczenie miast w Niemczech Zachodnich - czytamy na przykład w regulaminie służbowym FM - 100-5 armii USA - wywiera decydujący wpływ na operacje militarne ".

I dalej :" Krytyczna konfrontacja w Niemczech spowoduje nieuchronne, uporczywe, niemal nieprzerwane walki o wielkie miasta, małe miasteczka i wsie ".

Wszystkie ośrodki aglomeracji, jak na przykład obszar dorzecza Ren - Men, mają "wszystkie cechy dżungli betonowej". Krótko mówiąc, jak głosi kursywą wniosek w regulaminie: "Decyzja ataku na jakieś miasto lub jego obrony może być równoznaczna z decyzją zniszczenia go".

Już w ciągu pierwszych 48 godzin wojny, według obliczeń strategów NATO przeprowadzonych w czasie manewrów powietrznych "Carte Blanche" w 1955r , z 335 użytych taktycznych ładunków jądrowych 268 ugodziłoby w obszar Republiki Federalnej Niemiec. Pociągnęłoby to za sobą 1,5 mln zabitych i 3,5 mln rannych oraz powstanie wielkich obszarów zniszczeń. Przy obustronnej totalnej 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. Broń neutronowa ma odegrać poważną rolę w ewentualnych przyszłych działaniach bojowych.

Według oświadczeń przedstawicieli kierowniczych kół NATO ma ona być użyta przede wszystkim do niszczenia celów taktycznych a w tym głównie broni pancernej.

Według amerykańskich specjalistów wojskowych /24/ z ośrodka badawczego w Lifermore, do obezwładnienia dywizji pancernej potrzeba około 10-40 taktycznych głowic atomowych, podczas zastosowania broni neutronowej liczba ta zmniejsza się o połowę. Możliwości obezwładniające ładunku neutronowego o mocy 1kt są ekwiwalentne z ładunkami atomowymi o mocy 10 kt - w zakresie rażenia ludzi oraz ok. 0,2 kt - w zakresie niszczenia sprzętu bojowego falą uderzeniową.

Broń neutronowa może być użyta przeciwko celom militarnym, punktowym w pobliżu własnych wojsk, oszczędzając przy tym budynki, bunkry, pojazdy i inne obiekty przemysłowe oraz zamieszkałą w pobliżu ludność cywilną.

Zasięg działania śmiercionośnego broni neutronowej może być regulowany /mocą i wysokością wybuchu/ z jednoczesną kontrolą skutków ubocznych.

Politycy i wojskowi w Waszyngtonie chwalą nowy wynalazek jako "decydujący zwrot w dziedzinie technologii zbrojeniowej" /81/. "Jest to najlepsze - jak sądził John C. Stennis, demokratyczny senator ze stanu Missisipi i przewodniczący komisji ds obrony - co zdołaliśmy wynaleźć w ciągu dziesiątków lat ".

Dzięki bombie neutronowej zapoczątkowana została "rewolucja strategiczna".

"Bez olbrzymiej energii kinetycznej neutrony są równie nieszkodliwe jak kula karabinowa bez ładunku prochu. Natomiast szybkie neutrony mogą bez trudu przenikać przez płyty pancerne i hełmy stalowe, przez ubranie i mury, niby ziarna kurzu przez siatkę ogrodową o szerokich oczkach".

Głowica neutronowa zaprojektowana została nie jako strategiczny międzykontynentalny ładunek bomby,ale jako broń dla pola bitwy jądrowej. Mają być w nią wyposażone najpierw stacjonujące w RFN rakiety typu "Lance" i artyleria atomowa,a następnie rakiety operacyjno - taktyczne typu "Pershing-2", które to począwszy od połowy grudnia 1983r Stany Zjednoczone rozpoczęły instalowanie w Europie Zachodniej /w miejsce dotychczas zainstalowanych "Pershing-1A"/.

Ogólną charakterystykę środków przenoszenia ładunków neutronowych oraz odległości rozmieszczania ich od linii styczności wojsk zamieszczono w tabeli 1, natomiast zagrożenie rażenia naszych wojsk ładunkami neutronowymi od poszczególnych środków przenoszenia przedstawiono graficznie w załączniku 1.

Dywizjony samobieżnych haubic 155mm /M-109/ wykorzystywane są od szczebla brygady, a samobieżne haubice 203,2mm /M-110/ - od szczebla dywizji w zwyż., prawie we wszystkich armiach NATO.

Pociski rakietowe taktyczno-operacyjne typu "Lance" wykorzystywane są od szczebla dywizji w zwyż., we wszystkich armiach NATO, natomiast rakiety Pershing-1A /Pershing-2/ znajdują się na wyposażeniu korpusów armijnych Stanów Zjednoczonych i RFN.

Tabela 1

Ogólna charakterystyka środków przenoszenia ładunków neutronowych /51 str. 144/

Srodek przenoszenia	Donośność /km/		Moc ładunku /kt/		Masa głowicy /kg/	Odległość rozmieszczenia od linii styczności wojsk /km/
	max	min.	atomowego	neutronowego		
Haubice M-109A1 155mm	24	-	0,5-0,8	0,5-0,8	46	3-6
Haubice M-110 203,2mm	29	-	0,8-2	0,8-2	90	4-8
Lance MGM-52C	120,- 138*)	5	5; 10	0,4	211	20-30
Pershing-2	2500	100	10; 30; 50	1-3	1362	100-200

Uwaga:

*)- maksymalny zasięg 138 km - przy strzelaniu ładunkami neutronowymi.

Ilość środków ogniowych przystosowanych do strzelania amunicją neutronową w poszczególnych korpusach armijnych armii państw NATO na ETD przedstawiono w załączniku 2.

Przydział amunicji jądrowej dla związków operacyjnych lub taktycznych zależy przede wszystkim od wykonywanego zadania, roli i miejsca oraz przewidywanego czasu trwania planowanej operacji. Według regulaminów amerykańskich i NATO przydzielona amunicja jądrowa powinna zapewniać zniszczenie od 1/3 do 1/2 sił i środków przeciwnika.

Wariant przydziału amunicji jądrowej dla poszczególnych związków operacyjnych i tyktycznych głównych państw NATO przedstawiono w tabeli 2.

Podane w tabeli 2 normy przydziału ładunków jądrowych dla związków taktycznych i operacyjnych odnoszą się do działań zaczepnych i obronnych, prowadzonych w początkowym okresie wojny na ważniejszych kierunkach ŚETDW.

Tabela 2

Normy przydziału amunicji jądrowej dla związków taktycznych i operacyjnych głównych państw NATO w działaniach zaczepnych i obronnych /51 str. 118/

Związki taktyczne i operacyjne	Ilość ładunków przydzielonych ZT i ZO /szt./			Moc ładunków	Francja ilość ład. /szt./
	USA	RFN	WB		
Grupa armii	900 do 2000			0,08 kt do 1,5Mt	390 od 1.0 kt do 1Mt
Armia polowa	-	-	-	-	40-50 i więcej
Korpus armijny	300-600	175-300	175-200	0,08-350 kt	20 i więcej, 1.0-70 kt
Dywizja	80-150 i więcej	35-80	do 25	0,08-50 kt	8-12 1.0-25 kt

Na drugorzędnych kierunkach wojska będą otrzymywać mniejszą liczbę ładunków jądrowych.

Moc poszczególnych ładunków jądrowych przydzielanych grupie armii waha się w granicach od 0,08 kt do 1,5 Mt.

W przydzielanej korpusom armijnym amunicji 65-70% stanowią ładunki o mocy do 1kt, 20-30% - ładunki o mocy od 2 do 5kt i 5-10% - ładunki o mocy powyżej 10kt /51 str. 118/.

Według dostępnych źródeł /65/ - ładunki neutronowe w taktycznym arsenale jądrowym mają stanowić 45-60%, w tym do artylerii atomowej około 3000 sztuk, tj. 30-45%, do rakiet "Lance" - 1000 sztuk, tj. 10-15% oraz 300 sztuk, tj. 3-4% do nowych rakiet "Pershing-2".

Prace nad bronią neutronową prowadzone są w USA od 1958r i dotychczas nie zostały przerwane /5/.

Na początku czerwca 1981r Ministerstwo Energetyki USA złożyło meldunek, że nowa głowica jądrowa dla wyposażenia w nią rakiet "Lance" weszła do produkcji, a w lipcu tegoż roku miała ruszyć produkcja pocisków do haubic wraz z ich neutronowym wyposażeniem.

Według źródeł zachodnich /24/ produkcja podzespołów do ładunków neutronowych została rozpoczęta już w 1978r, a w 1981r. przystąpiono do produkcji gotowych ładunków oraz określono zasady ich magazynowania i przerzutu do jednostek bojowych.

W 1983r, w Stanach Ziednoczonych przystąpiono do seryjnej produkcji ładunków neutronowych.

Zgodnie z wcześniejszą zapowiedzią prezydenta Stanów Zjednoczonych, ładunki neutronowe mają być magazynowane na terytorium amerykańskim, a w sytuacji kryzysowej ładunki te mogą być w krótkim czasie przerzucone do Europy.

WNIOSKI

Z powyższych rozważań wynikają następujące wnioski:

1. Przystosowanie taktycznych i taktyczno-operacyjnych środków przenoszenia broni jądrowej do przenoszenia głowic neutronowych oraz przystąpienie przez Stany Zjednoczone do masowej produkcji ładunków neutronowych wskazuje, że broń neutronowa stała się faktem dokonanym, i że w każdej chwili mogą być w nią wyposażone wojska NATO w Europie.

2. Przydział korpusom armijnym 65-70% ładunków jądrowych o mocy do 1kt świadczy o tym, że wśród tych ładunków większość mogą stanowić ładunki neutronowe przystosowane do artylerii atomowej i rakiet "Lance".

3. Podział ładunków neutronowych wskazuje, że zdecydowana ich większość będzie użyta w strefie taktycznej, w pobliżu własnych wojsk.

4. Przystosowanie artylerii atomowej i rakiet taktyczno-operacyjnych do przenoszenia ładunków neutronowych i wyposażenie w nie wojsk świadczy o tym, że broń tą zamierza się użyć zarówno w strefie taktycznej jak i operacyjnej.

5. Na dywizje znajdujące się w pierwszym rzucie operacyjnym armii planuje się wykonać 9-12 uderzeń jądrowych o mocy od 0,1 do 30kt.

Na dywizje będące w drugim rzucie operacyjnym armii, ilość uderzeń nie precyzuje się. Należy się liczyć z mniejszą ilością uderzeń lecz o większej mocy.

6. Największe zagrożenie bronią neutronową systemu [illegible] dywizji, zarówno w natarciu jak i w obronie, wystąpi w [illegible] rażenia artylerii atomowej i rakiet "Lance", a więc w [illegible]

będącej w pierwszym rzucie operacyjnym armii, w bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem.

3. Wpływ czynników rażenia broni neutronowej na elementy systemu łączności dywizji

3.1. Pojęcie systemu łączności i jego elementów

System łączności jest to zespół węzłów, stacji i linii łączności połączonych ze sobą w określony sposób, odpowiadający charakterowi działań bojowych /operacji/, organizacji dowodzenia wojskami oraz wykonywanym przez wojska zadaniom /29/.

Zasadniczymi elementami systemu łączności są węzły łączności stałych i doraźnie organizowanych stanowisk dowodzenia.

Węzeł łączności stanowiska dowodzenia jest to zespół sił i środków łączności rozwiniętych w okreslonym rejonie w celu zapewnienia łączności dowódcy i sztabowi, szefom rodzajów wojsk i organom tyłowym, związku, oddziału, pododdziału z ich przełożonym i podwładnymi dowódcami oraz sztabami, a takze organami dowodzenia współdziałających związków /oddziałów/.

Jak wynika z określenia węzła łączności jego podstawę stanowią siły i środki łączności, czyli środki i urządzenia łączności oraz ich obsługi, a także osoby funkcyjne i pododdziały tyłowego i technicznego zabezpieczenia.

Od sprawności środków i urządzeń łączności oraz od prawidłowej ich eksploatacji przez obsługi zależy ciągłość łączności. Każda przerwa w pracy środków łączności prowadzi do naruszenia funkcjonowania systemu łączności, co jest jednoznaczne z naruszeniem ciągłości dowodzenia oddziałami i pododdziałami dywizji. Naruszenie ciągłości dowodzenia na współczesnym polu walki w decydującym czasie, może mieć bardzo poważny wpływ na dalszy przebieg działań bojowych dywizji i na wykonanie otrzymanego zadania.

Zespoły środków i urządzeń łączności wchodzących w skład węzłów łączności są trwale zamontowane na środkach transportowych /głównie na samochodach, a w ograniczonym stopniu na transporterach opancerzonych/, stanowiąc stacje, aparatownie, wozy dowodzenia itp. Są one przystosowane do pracy na postoju i w ruchu.

W zalezności od rejonu działań bojowych dywizji węzły łączności stanowisk dowodzenia rozwija się z zasady nie na otwartej

przestrzeni lecz /wykorzystując naturalne warunki maskowania oraz właściwą propagację fal radiowych/ - w zagajnikach, niewielkich lasach, osiedlach i miastach.

Ponieważ pokrycie i ukształtowanie terenu ma poważny wpływ na stopień porażenia sił i środków łączności zachodzi potrzeba analizy wpływu na nie czynników rażenia wybuchów neutronowych.

3.2 Czynniki rażenia broni neutronowej

Wybuchowi ładunku neutronowego towarzyszą takie same zjawiska jakie obserwowane są podczas powietrznego wybuchu atomowego małej mocy, tj. błysk, kula ognista, podmuch i dźwięk oraz powstawanie obłoku pyłowego w kształcie grzyba. Ponadto wybuchowi ładunku neutronowego podobnie jak atomowego towarzyszy fala sejsmiczna, działająca w postaci wstrząsu bezpośrednio na ziemię. Może ona spowodować utratę właściwości użytkowych budowli i urządzeń o charakterze trwałym.

W czasie wybuchu ładunku neutronowego wystąpią również takie same czynniki rażenia, jak podczas wybuchu ładunku atomowego:

- fala uderzeniowa;
- promieniowanie cieplne;
- promieniowanie przenikliwe;
- impuls elektromagnetyczny;
- promieniotwórcze skażenie terenu /tylko przy wybuchach jądrowych naziemnych/.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego rozkład energii na poszczególne czynniki rażenia w porównaniu z ładunkiem atomowym takiej samej mocy różni się w sposób zasadniczy. W związku z tym wystąpi również odmienna struktura i rozmiary strat przy określonej /jednakowej/ mocy wybuchu.

Porównanie rozkładu energii na poszczególne czynniki rażenia przy wybuchu neutronowym i atomowym przedstawiono w tabeli 3.

Ładunek neutronowy posiada 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 cieplnego.

W literaturze przedmiotu można spotkać i inny rozkład energii niż podano w tabeli 3. W pracy, autor przyjął rozkład energii zgodny z obowiązującym w wojsku polskim podręcznikiem "Obrona

wojsk przed bronią neutronową" Chem. 289/80.

Biorąc pod uwagę planowane przez dowództwo NATO zasady użycia broni neutronowej należy przypuszczać, że właśnie taki rozkład energii będzie stosowany w ładunkach neutronowych.

Tabela 3

Porównanie rozkładu energii na poszczególne czynniki rażenia przy wybuchu neutronowym i atomowym /65/

Czynniki rażenia	Część ogólnej energii wybuchu /%/	
	ładunku atomowego	ładunku neutronowego
Powietrzna fala uderzeniowa	35	8
Promieniowanie cieplne	35	8
Promieniowanie przenikliwe	5	70
Promieniotwórcze skażenie terenu	6	-
Impuls elektromagnetyczny	do 1	do 1
Ciepło obłoku wybuchu	18	13

Dane zawarte w tabeli 3 są obliczeniami szacunkowymi i w znacznym stopniu zależą od środowiska. Ulegają one zmianie w zależności od wysokości wybuchu nad powierzchnią ziemi. Część energii wybuchu przypadająca na promieniowanie przenikliwe nie zależy od gęstości otaczającej atmosfery.

Na podstawie tabeli 3 oraz uwzględniając, że wszystkie obliczenia oparte są na szacunkowych danych można przyjąć dla niezbyt precyzyjnych kalkulacji podział energii na poszczególne czynniki rażenia ładunku neutronowego w stosunku do atomowego:

- na falę uderzeniową - 3-5 razy mniej;
- na promieniowanie cieplne - [illegible] razy mniej;

- na promieniowanie przenikliwe - 10-14 razy więcej;
- na skażenie promieniotwórcze terenu - 6-10 razy mniej;
- na impuls elektromagnetyczny - jak przy ładunku atomowym.

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 atomowej od mocy wybuchu podanych w "Metodyce prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych" - Chem. 265/77 lub w innych materiałach źródłowych.

Przykładowo, dla określenia zasięgu rażącego działania fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego ładunku neutronowego odczytujemy z tabel /nomogramów, wykresów/ zasięgi tych czynników rażenia dla odpowiednio mniejszej mocy ładunku atomowego. Dla ładunku neutronowego o mocy 1kt odczytujemy w tabelach zasięg rażącego działania np. falą uderzeniową dla 0,2kt ładunku atomowego.

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 atomowym.

Zgrubsza można ocenić, że udział energetyczny neutronów w ładunku neutronowym jest 100 razy większy niż w atomowym tej samej mocy.

Ze względu na przedmiot badań /skutki użycia broni neutronowej/, bardziej wnikliwie zostaną rozpatrzone skutki działania promieniowania przenikliwego i impulsu elektromagnetycznego na siłę żywą i środki łączności, jako zasadniczych czynników rażenia. Analiza skutków działania pozostałych czynników rażenia ograniczona zostanie do niezbędnego minimum.

3.2.1. Działanie fali uderzeniowej na siły i środki łączności

Fala uderzeniowa wybuchu neutronowego jest to masa silnie sprężonego powietrza, które rozprzestrzenia się od środka wybuchu we wszystkich kierunkach z prędkością naddźwiękową /28/.

Porażenie falą uderzeniową jest spowodowane zarówno działaniem nadciśnienia, jak i działaniem miotającym /ciśnieniem szybkościowym /, powstającym na skutek ruchu powietrza w fali.

Porażenie ludzi oraz środków i urządzeń łączności w terenie otwartym następuje szczególnie w wyniku działania miotającego fali uderzeniowej, a obiektów o dużych rozmiarach /np. budynków/ - w wyniku działania nadciśnienia.

Czas działania fali uderzeniowej po wybuchu ładunku neutronowego jest rzędu dziesiętnych części sekundy /49/.

Rażące działanie fali uderzeniowej na system łączności polega na całkowitym zniszczeniu lub uszkodzeniu /utracie właściwości użytkowych/ środków i urządzeń łączności oraz spowodowanie śmierci lub utracie zdolności bojowej ich obsługi.

Nadciśnienie fali uderzeniowej może spowodować lekkie, średnie, ciężkie lub bardzo ciężkie porażenie ludzi znajdujących się poza ukryciami.

Utrata zdolności bojowej żołnierzy następuje przy porażeniu średnim.

Fala uderzeniowa może spowodować uszkodzenie lub zniszczenie środków i urządzeń łączności oraz transportu.

Odróżnia się: słabe, średnie i duże uszkodzenie oraz całkowite zniszczenie sprzętu.

Utrata właściwości użytkowych aparatowni łączności, samochodów osobowo-terenowych i ciężarowych oraz specjalnych, a także wszelkich urządzeń łączności następuje przy uszkodzeniach średnich, natomiast samolotów łącznikowych i śmigłowców - przy uszkodzeniach lekkich.

Promienie stref porażenia nie ukrytych ludzi oraz utraty właściwości użytkowej środków i urządzeń łączności podczas wybuchów neutronowych o różnej mocy, na skutek działania fali uderzeniowej przedstawiono w tabeli 4.

Wielkość rejonu, w którym następuje rażenie stanu osobowego, uszkodzenia lub zniszczenia środków i urządzeń łączności falą uderzeniową zależy od mocy i rodzaju wybuchu oraz od ukształtowania i pokrycia terenu, w którym rozwinięto węzeł łączno-

Tabela 4

Promienie r /km/ stref utraty właściwości użytkowych środków i urządzeń łączności oraz porażenie nie ukrytych ludzi podczas wybuchów neutronowych o różnej mocy, na skutek działania fali uderzeniowej /58/

Rodzaj sprzętu	Nadciśn. fali uderzeniow. /kPa/ [kG/cm^2]	Moc wybuchu /kt/			
		1	2	3	5
1	2	3	4	5	6
Środki i urządzenia łączności:					
Samoloty łączn. i śmigłowce	7,9 / 0,08	1,0	1,4	1,7	2,1
Urządzenia antenowe	15-20 / 0,15-0,2	0,53	0,76	0,94	1,2
Radiostacje na samochodach i aparatownie łączności oraz samochody specjalne	24,5 / 0,25	0,42	0,59	0,69	0,89
Tyczkowe linie łączności	39,2 / 0,4	0,32	0,44	0,53	0,66
Samochody ciężar. i cysterny	44,1 / 0,45	0,28	0,38	0,48	0,65
Nadziemne linie kablowe	49,1 / 0,5	0,27	0,37	0,46	0,58
Stałe napowietrzne linie łączności oraz aparaty telefoniczne i telegraficzne	73,6 / 0,75	0,23	0,30	0,36	0,47
Radiostacje przenośne, transportery opancerzone /WD/ i zamontowany w nich sprzęt łączności	118,0 / 1,2	0,18	0,22	0,27	0,34
Bojowe wozy piechoty /WD/	147,2 / 1,5	0,16	0,19	0,23	0,29
Czołgi /dowódcze/	294,3 / 3,0	0,11	0,15	0,18	0,21
Porażenie ludzi:					
- lekkie	20-40 / 0,2-0,4	0,5	0,68	0,79	1,0
- średnie	40-50 / 0,4-0,5	0,32	0,44	0,53	0,66
- bardzo ciężkie	powyżej 98,1 / 1,0	0,2	0,25	0,3	0,38

W wielu przypadkach stopień zniszczenia i liczba porażonych mogą być większe w wyniku pośredniego działania fali uderzeniowej /gruzami zburzonych domów, kamieniami, grudami ziemi, padającymi drzewami itp./ Na przykład przy nadciśnieniu fali uderzeniowej 0,2 - 0,4 kG/cm^2 nie ukryty człowiek w terenie odkrytym może zostać lekko kontuzjowany. Jednocześnie fala uderzeniowa o takim nadciśnieniu powoduje prawie całkowite zniszczenie wszystkich budynków typu miejskiego i wiejskiego. Ludziom znajdującym się w chwili wybuchu w budynku lub w poblizu niego grożą ciężkie obrażenia ciała, a nawet śmierć.

Promienie stref zniszczeń i zawałów w lasach i osiedlach przedstawiono w załącznikach 3 i 4.

Promienie stref rażenia żołnierzy znajdujących się w ukryciach /w wozach bojowych, dowodzenia, schronach itp./ będą znacznie mniejsze niż żołnierzy znajdujących się poza ukryciami.
Podobnie środki i urządzenia łączności oraz transportu znajdujące się poza ukryciami /nie okopane/ ulegną zniszczeniu lub uszkodzeniu na znacznie większych odległościach niż te, które będą w ukryciach.

Jak wynika z zestawionych danych w tabeli 4 oraz w załącznikach 3 i 4, fala uderzeniowa wybuchów neutronowych nie stanowi zbyt groźnego czynnika rażenia dla sił i środków łączności.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt nie ukryci ludzie mogą utracić zdolność bojową w promieniu: na otwartej przestrzeni i w lasach 320 - 400m, natomiast w osiedlach /pośrednio/ od walących się domów, zniszczonym oszkleniem promień rażenia może być znacznie większy, dochodzący od 500 do 1300m.
Środki i urządzenia łączności, a szczególnie urządzenia antenowe mogą ulec zniszczeniu w promieniu do ok. 530m, natomiast samoloty łącznikowe i śmigłowce - do 1000m od centrum wybuchu.

3.2.2 Działanie promieniowania cieplnego na siły i środki łączności

Promieniowanie cieplne składa się z promieniowania widzialnego, ultrafioletowego oraz podczerwonego. Źródłem promieniowania cieplnego jest kula ognista wybuchu neutronowego.

Czas trwania promieniowania zależy od mocy wybuchu i jest tym dłuższy, im większa jest moc wybuchu. Podczas wybuchów neutronowych może ono trwać około 1 sekundy /dla q =1kt - 0,8

Promieniowanie cieplne rozchodzi się w powietrzu z prędkością 300 tysięcy km/s. Oznacza to, że błysk wybuchu neutronowego może być sygnałem do włączenia urządzeń automatycznych, które chronią przed działaniem zasadniczej części promieniowania cieplnego i pozostałymi czynnikami rażenia wybuchu neutronowego.

Zasadniczym wskaźnikiem określającym rażące działanie promieniowania cieplnego jest impuls cieplny mierzony w kaloriach /cm^2.

Wielkość impulsu cieplnego zmniejsza się w miarę zwiększania odległości od środka wybuchu. Gdyby promieniowanie cieplne rozchodziło się w próżni, wtedy wielkość impulsu malałaby proporcjonalnie do kwadratu odległości od środka wybuchu.

W warunkach rzeczywistych, promieniowanie cieplne może być osłabione przez chmury, dym, pył, las, nierówności terenu itp. lub wzmocnione przez dodanie się promieni odbitych od warstwy chmur, śniegu, lodu itp. Średni współczynnik odbicia od chmur, śniegu i lodu wynosi ok. 50-55% energii cieplnej.

Ponieważ rażące działanie promieniowania cieplnego zależy od czasu emisji promieniowania, a czas emisji związany jest z mocą wybuchu, stąd też ten sam impuls cieplny od wybuchów różnej mocy powoduje różne skutki.

Im większa jest moc wybuchu, tym większy musi być impuls cieplny, niezbędny do ogrzania tego samego materiału do temperatury zapłonu, zwęglenia lub topienia się.

W związku z powyższym zjawiskiem wprowadzono pojęcie impulsu skutecznego.

Impuls skuteczny jest to taki impuls cieplny wybuchu jądrowego o dowolnej mocy, którego skuteczność jest równoważna impulsowi cieplnemu wybuchu atomowego o mocy 50kt.

Impuls skuteczny wyraża się w $cal./cm^2.s^{1/2}$, a w ukł. "SI" w J/m^2.

Impuls skuteczny wybuchu neutronowego powodujący takie same skutki jak impuls cieplny wybuchu atomowego o mocy 50kt jest mniejszy średnio około dwukrotnie /10/.

Zależność impulsu skutecznego promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, na wysokości 150m, przy różnej przezroczystości powietrza przedstawiono w załączniku 5, natomiast strefy prawdopodobnych porażeń nie ukrytych ludzi oraz zwęglenia i zapalenia się niektórych przedmiotów [illegible]liwość spowodowania pożarów/ w rejonie węzła łączności przed[illegible] w tabeli 5 i 6.

Tabela 5

Promienie stref /m/ porażenia nie ukrytych ludzi oraz spowodowanie zwęglenie lub zapalenie niektórych przedmiotów promieniowaniem cieplnym, podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt na wysokości 150 m, przy różnej przezroczystości powietrza /74/

Stopień porażenia ludzi. Rodzaj materiału	Wielkość impulsu cieplnego (kJ/m²) / (cal/cm²)	Promienie stref /m/ porażenia ludzi i materiałów przy przezroczystości powietrza:		
		b. dużej /wid.40km/	średniej /wid.20km/	słabej /wid.2km/
1. Oparzenia ludzi				
I stopnia	84-168 / 2-4	800-1100	650-900	550-650
II stopnia	168-420 / 4-10	550- 800	450-650	400-550
III stopnia	420-630 / 10-15	450- 550	380-450	350-400
Zwęglenie tkanek	ponad 630 / 15	do 450	do 380	do 350
2. Zwęglenie /zapalenie/ [illegible] tórych materiałów				
Gabardyna koloru khaki	126 / 3 /210/ 757	900 /750/	750 /600/	600 /500/
Sukno płaszczowe koloru khaki	126 / 3 /503/ 7127	900 /550/	750 /400/	600 /350/
Brezent namiotowy	84 / 2 /251/ 767	1100 /680/	900 /550/	650 /480/
Derma	84 / 2 /126/ 7126/	1100 /900/	900 /750/	650 /600/
Papier biały	168 / 4 /251/ 767	800 /680/	650 /550/	550 /480/
Kora drzewna sucha	63 / 1,5 /419/ 7107	1300 /520/	1000 /450/	700 /400/
Deski sosnowe suche	126 / 3 /838/ 7207	900 /350/	750 /320/	600 /300/
Deski brzozowe suche	168 / 4 /838/ 7207	800 /350/	650 /320/	550 /300/

Tabela 6

Promienie stref /km/ prawdopodobnych oparzeń powiek i przedniej części oka, powodującej utratę zdolności bojowej żołnierzy podczas wybuchów neutronowych /latem i zimą/ /58/

Warunki atmosferyczne	Moc wybuchu /kt/			
	1	2	3	5
Czyste powietrze	0,97	1,45	2,0	2,25
Bardzo słabe zamglenie	0,94	1,4	1,9	2,1
Słabe zamglenie	0,88	1,3	1,7	1,85
Powietrze zadymione	0,87	1,25	1,65	1,8
W lesie liściastym i mieszanym bardzo słabe zamglenie	0,55	0,65	1,1	1,3
W rejonach górskich czyste powietrze	0,97	1,2	1,3	1,6

Uwaga:

Rzadki, liściasty, wysoki las osłabia działanie impulsu cieplnego 2 - 2,5 razy, młody las liściasty i zarośla - 5-7 razy.

U ludzi promieniowanie cieplne powoduje oparzenie skóry, porażenie oczu i chwilowe oślepienie.

Oparzenie następuje w wyniku bezpośredniego działania promieniowania cieplnego /oparzenia pierwotne/, a także od palenia się odzieży i pożarów /oparzenia wtórne/.

Chwilowe oślepienie żołnierzy rozmieszczonych w terenie odkrytym nocą może wystąpić u 80-90% żołnierzy.

Czas oślepienia zależy od odległości punktu zerowego i mocy wybuchu oraz warunków atmosferycznych.

Podczas wybuchów neutronowych /przy czystym powietrzu/ w odległości do ok. dwóch kilometrów od centrum wybuchu chwilowe oślepienie może trwać - w nocy do 13 minut, a o zmroku - do 1 minuty /28/.

Promienie stref prawdopodobnych oparzeń powiek i przedniej części oka powodującej utratę zdolności bojowej żołnierzy podczas wybuchów neutronowych o różnej mocy przedstawiono w tabeli 6.

Promieniowanie cieplne działając na środki i urządzenia łączności może spowodować całkowite zniszczenie /zwęglenie/ lub uszkodzenie izolacji na liniach kablowych, fiderach antenowych oraz na przewodach odkrytych urządzeń elektronicznych. Zniszczenie lub uszkodzenie chociażby części izolacji kabla / przewodu/ może spowodować zwarcie uniemożliwiające ich wykorzystanie, a w niektórych przypadkach zniszczenie całych podzespołów urządzeń elektronicznych.

Jak wynika z zestawionych danych w tabeli 5 i 6 oraz w załącznikach od 5 do 8 wynikają następujące wnioski:

1. Największy zasięg rażącego działania impulsem cieplnym wybuchów neutronowych występuje przy czystym powietrzu. Podczas mgły, zadymienia, deszczu i opadów śnieżnych rażące działanie promieniowania cieplnego jest nieznaczne.

2. Podczas wybuchów ładunków neutronowych o mocy 1kt na wysokości 150m, prawdopodobieństwo utraty zdolności bojowej nie ukrytych żołnierzy może wystąpić w odległości od ok. 800 do 1000 m od centrum wybuchu przy czystym powietrzu, a przy dużym zadymieniu odpowiednio od 600-850m.

3. Rzadki, liściasty, wysoki las osłabia działanie impulsu cieplnego 2-2,5 razy, a młody las liściasty i zarośla -5-7 razy.

4. Podczas pracy węzłów łączności w terenie zalesionym lub w mieście zarówno ludzie jak i środki i urządzenia łączności mogą ulec porażeniu /uszkodzeniu lub zniszczeniu/ na skutek powstawania pożarów przestrzennych i punktowych.
Podczas wybuchów ładunków neutronowych o mocy 1kt pożary punktowe wystąpią w promieniu od 600 do 850m. Pożary w miastach mogą być potęgowane zniszczeniem lub uszkodzeniem sieci gazowej i zbiorników z gazem świetlnym, powstaniem zwarć w sieci elektrycznej oraz wybuchem zbiorników z paliwem przeznaczonym dla transportu samochodowego.

5. Przed promieniowaniem cieplnym skutecznie chronią różne ukrycia, szczególnie typu przykrytego, a także wozy dowodzenia i aparatownie łączności.

6. Samochody ciężarowe mogą zapalić się od promieniowania cieplnego przy około 20 cal./cm^2, co przy mocy wybuchu 1kt wystąpi w odległości ok. 300-350m od centrum wybuchu neutronowego.

3.2.3 Działanie promieniowania przenikliwego na siły i środki łączności

3.2.3.1 Ogólna charakterystyka promieniowania przenikliwego

Promieniowanie przenikliwe jest podstawowym czynnikiem rażenia ludzi przy wybuchu neutronowym.

Promieniowanie przenikliwe emitowane podczas wybuchu neutronowego stanowi strumień promieni gamma i wysokoenergetycznych neutronów.

Zródłami promieniowania gamma są: reakcja rozszczepienia, rozpad promieniotwórczy fragmentów podziału jąder /produktów reakcji rozszczepiania/ i wychwyt neutronów przez jądra atomów środowiska.

Największa intensywność promieniowania gamma występuje w pierwszych kilku sekundach po wybuchu /10/. Czas odziaływania promieniowania gamma na obiekty naziemne wynosi około 10s.

Strumień promieniowania gamma, powstający podczas wybuchu neutronowego, nie stanowi skupionej kierunkowo wiązki lecz rozchodzi się we wszystkich kierunkach. W związku z tym intensywność strumienia, tj. ilości energii padającej w ciągu 1s. na $1cm^2$ powierzchni sferycznej, zmniejsza się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości.

Poza tym promieniowanie gamma rozprzestrzeniając się zostaje osłabione podczas przechodzenia przez ośrodek. Część kwantów gamma zostaje pochłonięta przez atomy ośrodka i przestaje istnieć, część zaś oddziałując z atomami ośrodka traci energię i zmniejsza swoją przenikliwość oraz zostaje rozproszona na skutek zmiany kierunku ruchu. Rozproszenie kwantów gamma w znacznym stopniu zwiększa dawki promieniowania gamma i promień ich rażącego działania.

Neutrony powstają zarówno w reakcji rozszczepiania 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.

Wybuchom ładunku neutronowego towarzyszy emisja neutronów natychmiastowych. Pewna ilość neutronów powstaje również w wyniku działania wysokoenergetycznego promieniowania gamma na materiały konstrukcyjne bomby, ale jest ich niewiele i nie mają one istotnego znaczenia w tworzeniu sumarycznej dawki promieniowania przenikliwego.

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 /74/.

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 masy wybuchu jest około 6 razy większa.

W przeliczeniu na jedną tonę mocy wybuchu 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 14MeV.

W powietrzu o gęstości normalnej neutrony natychmiastowe istnieją około 0,5 sekundy i czas ten zwiększa się wraz ze zmniejszeniem gęstości powietrza. W powietrzu rozrzedzonym, np. na dużych wysokościach, czas życia neutronów zwiększa się odwrotnie proporcjonalnie do gęstości atmosfery. W konsekwencji, w miarę wzrostu wysokości wybuchu rośnie zasięg rażącego działania neutronów. Na przykład w przypadku wybuchów jądrowych wykonywanych na dużych wysokościach rażące działanie neutronów na załogi samolotów i statków kosmicznych może przejawiać się na odległościach 100km i większych /74/.

Strumień neutronów rozchodząc się zostaje osłabiony przez otaczający ośrodek tak samo, jak promieniowanie gamma. Ponieważ emisja neutronów następuje prawie momentalnie, fala uderzeniowa nie wywiera wpływu na charakter ich rozchodzenia się.

Promieniowanie przenikliwe dzięki właściwościom jonizacji i aktywacji substancji, stanowi poważne zagrożenie dla organizmów żywych, a także wywołuje skutki fizyczne w materii nieożywionej.

Rażące działanie promieniowania przenikliwego charakteryzuje się ilością energii pochłoniętej przez substancję /organizm/, czyli dawką promieniowania.

Dawki promieniowania występujące w różnych odległościach od centrum wybuchów neutronowych o różnej mocy przedstawiono w załączniku 9.

Ocena rażącego działania promieniowania przenikliwego sprowadza się do określenia odległości, na których stany osobowe

ludzi otrzymują dawki większe niż przyjmowane jako dopuszczalne.

Promieniowanie przenikliwe wywołuje również skutki fizyczne w materii nieożywionej powodując zmianę parametrów, a nawet zniszczenie niektórych detali teletechnicznych, co w konsekwencji może doprowadzić do utraty właściwości użytkowej całej aparatury.

Niezbędnym parametrem do określenia stopnia utraty właściwości użytkowych sprzętu w rejonie wybuchu neutronowego jest strumień neutronów. Dlatego też oprócz całkowitej dawki promieniowania przenikliwego zachodzi potrzeba analizy zmiany strumienia neutronów w funkcji odległości.

Zależności strumienia neutronów syntezy /emitowanych w momencie wybuchu ładunku neutronowego/ oraz dla porównania także ładunku atomowego od odległości od centrum wybuchu przedstawiono w załącznikach 11; 12; 13.

3.2.3.2 Działanie promieniowania przenikliwego na ludzi

Po pochłonięciu przez żołnierzy dawki napromienienia od 0-50R nie obserwuje się żadnych zewnętrznych objawów porażenia /49/. Następują niewielkie zmiany we krwi.

Organizm człowieka jest zdolny częściowo regenerować uszkodzenia popromienne. Dlatego też dopuszcza się pochłonięcie większej dawki niż 50R jeśli nastąpi to w pewnych odstępach czasowych /66/.

Dopuszczalne dawki promieniowania, które w istotny sposób nie wpływają na zdolność bojową żołnierzy są następujące:

- jednorazowa /w ciągu 4 dób/ - 50R;
- wielokrotna w ciągu 10-30 dni - 100R;
- wielokrotna w ciągu 3 miesięcy - 200R;
- wielokrotna w ciągu roku - 300R.

Dopuszczalna jednorazowa dawka dla pilotów, których praca wymaga szczególnej koncentracji umysłu jest o 50% mniejsza /25 do 30R/.

Po pochłonięciu jednorazowo dawki od 50-130R - u 10% porażonych występują wymioty i duszność, w pierwszych dniach po napromienieniu. Porażeni odczuwają zmęczenie, które nie ma większego wpływu na zdolność bojową /49/.

Przy wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt w odległości od 1500-1700m od punktu zerowego nie ukryci żołnierze mogą pochłonąć dawkę promieniowania od 100- 250R, co powoduje pierwszy stopień choroby popromiennej. Przy pochłonięciu dawki 100-200R - do 40% żołnierzy traci zdolność bojową, przy czym w pierwszych dwóch

dobach - do 10% i w trzecim i czwartym tygodniu - 5-30%. Występują pojedyncze wypadki śmiertelne. W drugim i trzecim tygodniu następuje choroba utajona /65/.

Przy pochłonięciu dawki 200-250R - 80% żołnierzy traci zdolność bojową, przy czym 15-40% w pierwszych dwóch dobach i do 40% w drugim i trzecim tygodniu. Występuje do 5% wypadków śmiertelnych.

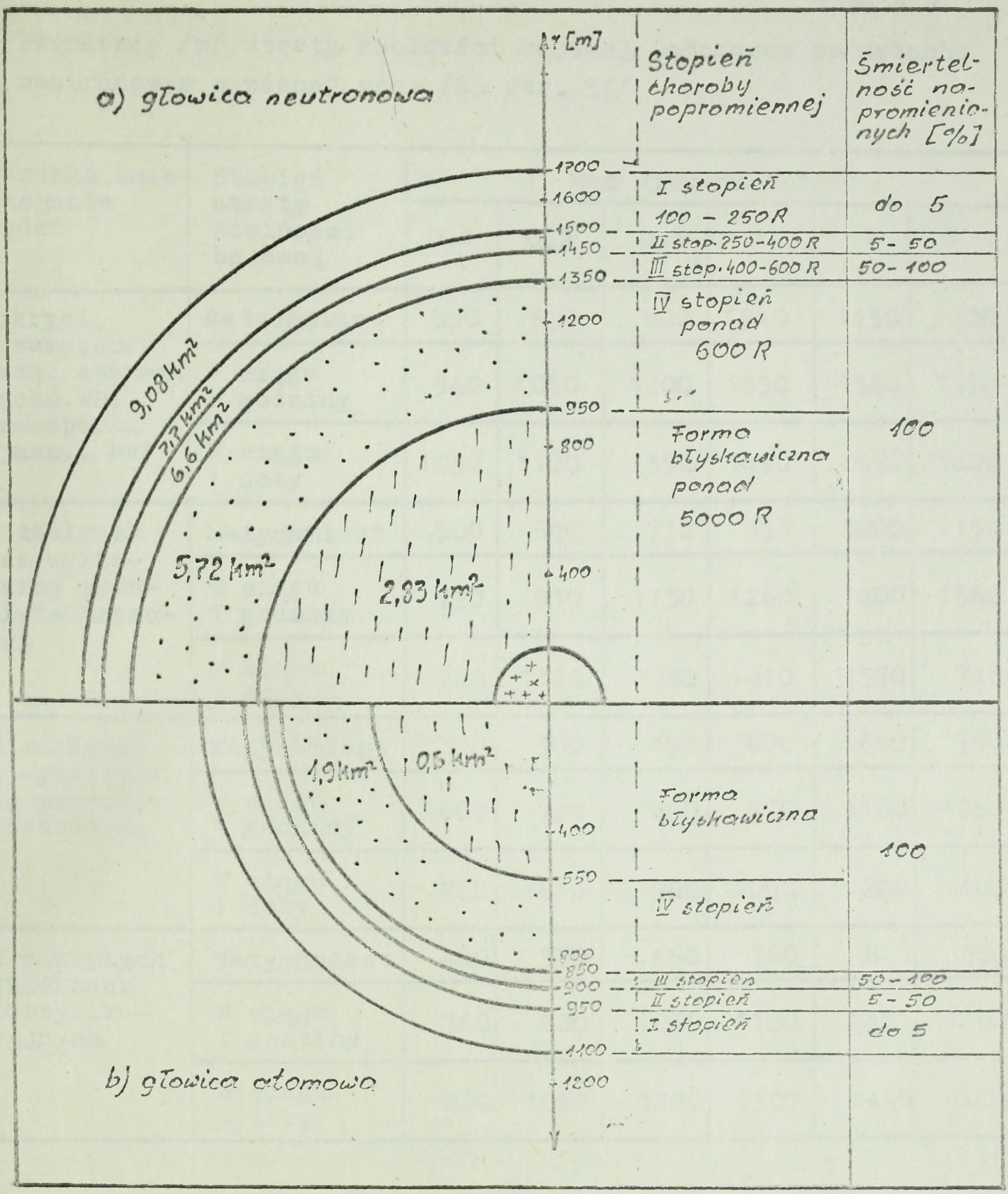
W odległości 1450-1500m od miejsca wybuchu, żołnierze mogą pochłonąć dawkę promieniowania 250-400R, co powoduje drugi stopień choroby popromiennej oraz od 80-100% żołnierzy traci zdolność bojową. Przy pochłonięciu dawki 250-300R traci zdolność bojową od 80-90%, w tym w pierwszych dwóch dobach - 60-85%, w drugim i trzecim tygodniu - 30-40%. Od 5-15% wypadków śmiertelnych. Przy pochłonięciu dawki 300-350R traci zdolność bojową 100% żołnierzy, w tym w pierwszych dwóch dobach 85-95%, w drugim i trzecim tygodniu - do 15%. Występuje 15-25% wypadków śmiertelnych. Przy pochłonięciu dawki 350-400R traci zdolność bojową 100% żołnierzy, w ciągu pierwszych dwóch dób, przy czym występuje 25-50% wypadków śmiertelnych.

W odległości 1350-1450m od centrum wybuchu żołnierze narażeni są na pochłonięcie dawki od 400-600R, co powoduje trzeci stopień choroby popromiennej. Przy pochłonięciu takiej dawki w ciągu pierwszych dwóch dób 100% żołnierzy traci zdolność bojową, a w tym od 50-100% wypadków śmiertelnych.

W odległości 950-1350m od miejsca wybuchu występuje dawka ponad 600R, co powoduje czwarty /bardzo ciężki/ stopień choroby popromiennej. 100% żołnierzy traci zdolność bojową. Śmierć wszystkich porażonych następuje po 5-12 dniach.

W odległości do 950m od centrum wybuchu neutronowego o mocy 1kt występuje dawka ponad 5000R, co powoduje błyskawiczną formę choroby popromiennej. 100% żołnierzy natychmiast traci zdolność bojową. Wszyscy żołnierze ponoszą śmierć w ciągu pierwszych dni po napromienieniu.

Promienie stref prawdopodobnego rażenia ludzi nie ukrytych promieniowaniem przenikliwym po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt przedstawiono graficznie na rys. 1, natomiast promienie utraty zdolności bojowej żołnierzy znajdujących się poza ukryciami i w niektórych ukryciach przedstawiono w tabeli 7.



Rys. 1 Promienie stref rażenia ludzi promieniowaniem przenikliwym po wybuchu neutronowym o mocy 1 kt, na wysokości 150 m

Tabela 7.

Promienie /m/ utraty zdolności bojowej żołnierzy po wybuchu neutronowym o różnej mocy /65 str. 51/

Warunki umieszczenia ludzi	Stopień utraty zdolności bojowej	Moc wybuchu /kt/					
		0,1	0,2	0,5	1	2	5
Odkryci, w samochodach, aparat. łączn. WD, transport. opanc., BWP	Natychmiast	550	650	800	940	1150	1200
	W ciągu 1 godziny	940	1050	1200	1350	1500	1650
	W ciągu 1 doby	1050	1170	1350	1470	1650	1800
W czołgach bez wykładziny przeciwneutronowej	Natychmiast	500	600	730	850	1000	1150
	W ciągu 1 godziny	790	910	1130	1260	1400	1560
	W ciągu 1 doby	980	1120	1280	1410	1570	1740
W czołgach z wykładziną przeciwneutronową	Natychmiast	320	380	490	600	680	760
	W ciągu 1 godziny	600	720	850	970	1100	1250
	W ciągu 1 doby	700	810	960	1090	1240	1400
W odkrytych obiektach fortyfikacyjnych	Natychmiast	450	530	650	760	840	930
	W ciągu 1 godziny	760	880	1050	1150	1320	1460
	W ciągu 1 doby	880	1000	1170	1300	1460	1600

Wnioski

Promieniowanie przenikliwe jest zasadniczym czynnikiem rażenia ludzi i decyduje o maksymalnej strefie porażeń w rejonie wybuchu neutronowego.

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, żołnierze nie ukryci oraz znajdujący się w nie okopanych /nie ukrytych/ aparatowniach łączności, radiostacjach, stacjach radioliniowych samochodach lub autobusach sztabowych, a także w wozach dowodzenia na transporterach opancerzonych BWP bez wykładziny przeciwneutronowej mogą utracić zdolność bojową

- natychmiast - w odległości do 950m;
- w ciągu jednej godziny - do 1350m;
- w ciągu pierwszej doby - do 1500m od centrum wybuchu, przy czym wszyscy wymagają leczenia szpitalnego.

Przy zwiększeniu mocy wybuchu neutronowego do 3kt, utrata zdolności bojowej żołnierzy zwiększy się odpowiednio o około 300m.

Jeżeli wozy dowodzenia wykonane są na BWP z wykładziną przeciwneutronową to promień utraty zdolności bojowej żołnierzy nieznacznie zmniejszy się, /odpowiednio od 50 do 80/.

Jak wynika z przytoczonych danych obudowa aparatowni prawie wogóle, a opancerzenie transporterów i BWP tylko nieznacznie chroni załogi przed promieniowaniem nutronowym. Zachodzi zatem konieczność wykorzystywania ukryć dla wszystkich środków łączności i wozów dowodzenia.

3.2.3.3. Działanie promieniowania przenikliwego na środki i urządzenia łączności

Aparatura radioelektroniczna znajdująca się w polu promieniowania przenikliwego wybuchu neutronowego, może zmieniać w sposób istotny swoje parametry powodując jej uszkodzenia. Uszkodzenia te zachodzą w rezultacie zmian fizycznych i chemicznych materiałów, z których jest ona wykonana.

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 zaburzenie i jonizację atomów, a także naruszenie chemicznych powiązań w molekułach. Procesy wywołane działaniem promieni

gamma - są odwracalne. W przybliżeniu po kilku do kilkudziesięciu milisekundach po wybuchu zachodzi ustabilizowanie charakterystyk napromienionych detali. Jednak to krótkotrwałe naruszenie parametrów może wywołać nieprawidłową pracą aparatury.

Strumień neutronów przy przechodzeniu przez dany detal wywołuje głębokie praktycznie nieodwracalne naruszenie w budowie materii. Uszkodzenia nieodwracalne związane są ze zmianami struktury materiałów, z których wykonane są elementy.

Oddziaływanie promieniowania neutronowego na materiały organiczne prowadzi do reakcji chemicznych, które zmieniają w sposób nieodwracalny ich skład. W materiałach półprzewodnikowych i nieorganicznych zmiany pod wpływem napromienienia objawiają się w postaci naruszenia struktury krystalicznej. Zmiany nieodwracalne prowadzą do częściowej lub całkowitej utraty właściwości użytkowej elementu.

Dla niektórych materiałów obserwuje się w czasie napromieniemia, że zmiany własności postępują stosunkowo w miarę zwiększania się pochłanianej mocy dawki i po zakończeniu napromienienia przez określony czas częściowo lub całkowicie zanikają. W pracy /11 str. 36/ podano, że po napromienieniu materiałów organicznych impulsowym promieniowaniem przenikliwym o mocy dawki ekspozycyjnej rzędu 10^7R/s przywrócenie przewodności do 10% wartości początkowej zaszło dla polietylenu po 3 minutach, dla polistyrolu po 3 godzinach i dla polimetakrylanu po 10 godzinach.
Do 1% początkowej wartości dla tych samych materiałów doszło odpowiednio po 30 minutach, oraz po 20 i 50 godzinach.

Wraz z bezpośrednim naruszeniem struktury materiałów w czasie napromienienia mogą zachodzić jednocześnie inne zmiany w wyniku różnego rodzaju procesów fizyko-chemicznych. Między innymi zachodzi nagrzewanie elementów elektronicznych w wyniku przekształcenia pochłoniętej energii promieniowania jonizującego w energię cieplną. W rezultacie pochłaniania energii promieniowania i przekształcania jej w energię cieplną elementy i aparatura może nagrzać się do wysokiej temperatury, rzędu 200°C i w ten sposób uniemożliwić normalną pracę /11/.

W procesie napromienienia zmieniają się także charakterystyki widmowe i mechaniczna wytrzymałość szkła. Optyczna przezroczystość szkieł zmienia się już przy dawkach promieniowania gamma 10^6 - 10^7R i strumienia neutronów 10^4 - 10^6 neutr./cm^2. Zmiany przezroczystości optycznej rzutują na przewodność fotoczułych elementów.

Najbardziej odporne na działanie promieniowania są szkła fosforowe i krzemowe, mniej odporne są szkła silikatowe i borowe mające duże przekroje czynne na wychwyt neutronów.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że w elementach elektronicznych powstają domieszki substancji radioaktywnych, które są źródłem promieniowania jonizującego i mogą wpływać na zmiany parametrów elektrycznych układów, a także utrudniać remont i eksploatację.

Największą wzbudzoną aktywność nabywają wyroby wykonane z materiałów, w skład których wchodzą: bor, kadm, mangan i inne substancje o dużym przekroju czynnym na wychwyt neutronów.

Jak wykazały badania, najbardziej wrażliwe na promieniowanie neutronowe są wysokiej klasy elementy półprzewodnikowe i mikromoduły, które mają powszechne zastosowanie we wszystkich nowoczesnych urządzeniach radioelektronicznych i automatyzacji dowodzenia. Należy podkreślić, że im bardziej skomplikowane są urządzenia elektroniczne tym wyższe wymagania elektryczne stawiane są w stosunku do elementów, z których montowane są podzespoły danej aparatury. Zmiana parametrów powyżej dopuszczalnej normy lub zniszczenie chociażby pojedynczych elementów /detali/ może wyeliminować z pracy nawet na kilka godzin całą aparaturę.

Głębokie i trwałe /nieodwracalne/ zmiany własności elektrycznych półprzewodników i kondensatorów pod wpływem promieniowania neutronowego polegają na obniżeniu współczynnika wzmocnienia i zwiększeniu prądu wstecznego tranzystorów, zmianie napięciowo - prądowych charakterystyk diod oraz zmniejszenie oporności izolacji kondensatorów.

Wielkości tych zmian zależą od całkowitego strumienia neutronów, a nie zależą od czasu oddziaływania promieniowania.

Jest to istotne z punktu widzenia wielokrotnego napromieniowania sprzętu radioelektronicznego.

Zmiany własności elektrycznych przy wielokrotnym napromienieniu nakładają się i po przekroczeniu określonej sumarycznej wartości progowej następuje uszkodzenie detalu.

W zależności od przeznaczenia i konkretnego wykorzystania w układach elektronicznych każdy detal posiada ściśle ustalone progi działania i dopuszczalną tolerancję zmiany charakterystyk.

Najbardziej wrażliwe na promieniowanie neutronowe są tranzystory mocy krzemowe i germanowe. U krzemowych i germanowych tranzystorów mocy, współczynnik mocy obniża się o 30% przy strumieniu

neutronów rzędu 10^{11} - 10^{12} neutr./cm^2, a utrata właściwości użytkowych następuje przy działaniu strumienia ok. 5 . 10^{12} neutr./cm^2.

Do najbardziej wytrzymałych /odpornych/ tranzystorów należą termokonwersacyjne wysokoczęstotliwościowe germanowe tranzystory średniej i wysokoczęstotliwościowe dyfuzyjne germanowe tranzystory małej mocy, u których obniżenie współczynnika wzmocnienia o 30% następuje przy strumieniu neutronów rzędu 5 . 10^{14} neutr./cm^2, a utrata właściwości użytkowych przy strumieniu /2-4/ . 10^{14} neutr./cm^2.

Wśród półprzewodnikowych diód najbardziej wrażliwe na promieniowanie neutronowe są germanowe niskoczęstotliwościowe detektory i diody prostownicze, u których zwiększenie prądu wstecznego do dwóch razy następuje przy strumieniu neutronów rzędu 10^{12} neutr./cm^2, a pełna utrata właściwości użytkowych następuje przy strumieniu 2 . 10^{13} neutr./cm^2.

Najbardziej odpornymi są diody tunelowe, stabilitrony, diody bardzo dużej częstotliwości, fotooporniki, u których widocznych zmian podstawowych parametrów nie obserwuje się nawet przy strumieniu neutronów rzędu 10^{15} neutr./cm^2.

Wśród gazowanych i próżniowych elementów najmniej odporne na działanie promieniowania neutronów są tyratrony, u których w czasie działania promieniowania strumienia neutronów 10^{11}-10^{12} neutr./cm^2 i mocy dawki promieni damma 10^{7}-10^{8} R/s gwałtownie wzrasta prąd wsteczny i obniża się napięcie zapłonu o 40-50%.

Lampy elektronowe próżniowe /wzmacniające, w generatorach itp./, posiadają dostatecznie wysoką odporność na promieniowanie. Szczątkowe zmiany parametrów u wszystkich lamp próżniowych przy strumieniu neutronów 10^{15} neutr./cm^2 nie przewyższa dopuszczalnych norm technicznych.

Dla kondensatorów w czasie działania strumienia neutronów następuje znaczne zmniejszenie oporności izolacji i znaczne zwiększenie upływności prądu.

Kondensatory papierowe przy strumieniu neutronów rzędu 10^{12} - 10^{13} neutr./cm^2 i mocy dawki promieni gamma 10^{7} - 10^{8} R/s zmniejszają swoją pojemność do około 80% wartości początkowej, powyżej 10^{13} neutr./cm^2 następuje zniszczenie .

Bardziej odporne na promieniowanie neutronowe są kondensatory mikowe, ceramiczne i szklane. Przy strumieniu neutronów 10^{15} neutr./cm^2 zmiana parametrów tych kondensatorów znajduje się

Typ urządzenia /elementu/	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 /lampy/	max. min.			--- ---	--- ---	--- ---
Mikromoduły	max. min.		--- ---	--- ---	--- ---	--- ---
Inne elementy /EM przekaźniki, silniki elektryczne, akumulatory/	max.				<	
r /km/						
/przy 1kt/		1,4	1,2	1,0	0,8 0,6	0,4 0,2 0,1

Oznaczenia:

-------- - zmiana charakterystyk;

|------- - zniszczenie;

< - ostatecznych zmian nie zanotowano;

: - granica zmniejszenia współczynnika wzmocnienia β do 30% ;

Rys. 2 Wrażliwość detali radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe /4 str. 220/

w przedziałach norm, a zmiana pojemności dochodzi do 5-10%.

Rezystory /oporniki/ w czasie działania na nich promieniowania neutronowego następuje tylko nieznaczna zmiana parametrów i są one odwracalne.. Przy strumieniu neutronów rzędu 10^{15}neutr./cm^2 i mocy dawki promieni gamma 10^8 R/s zmniejszenie oporności wysokoomowych rezystorów dochodzi do 60-80%, a czas stabilizacji wynosi 0,1 - 0,3ms.. Przy strumieniu 10^{15}neutr./cm^2 zmiana ostateczna oporności dochodzi do ± 7%.

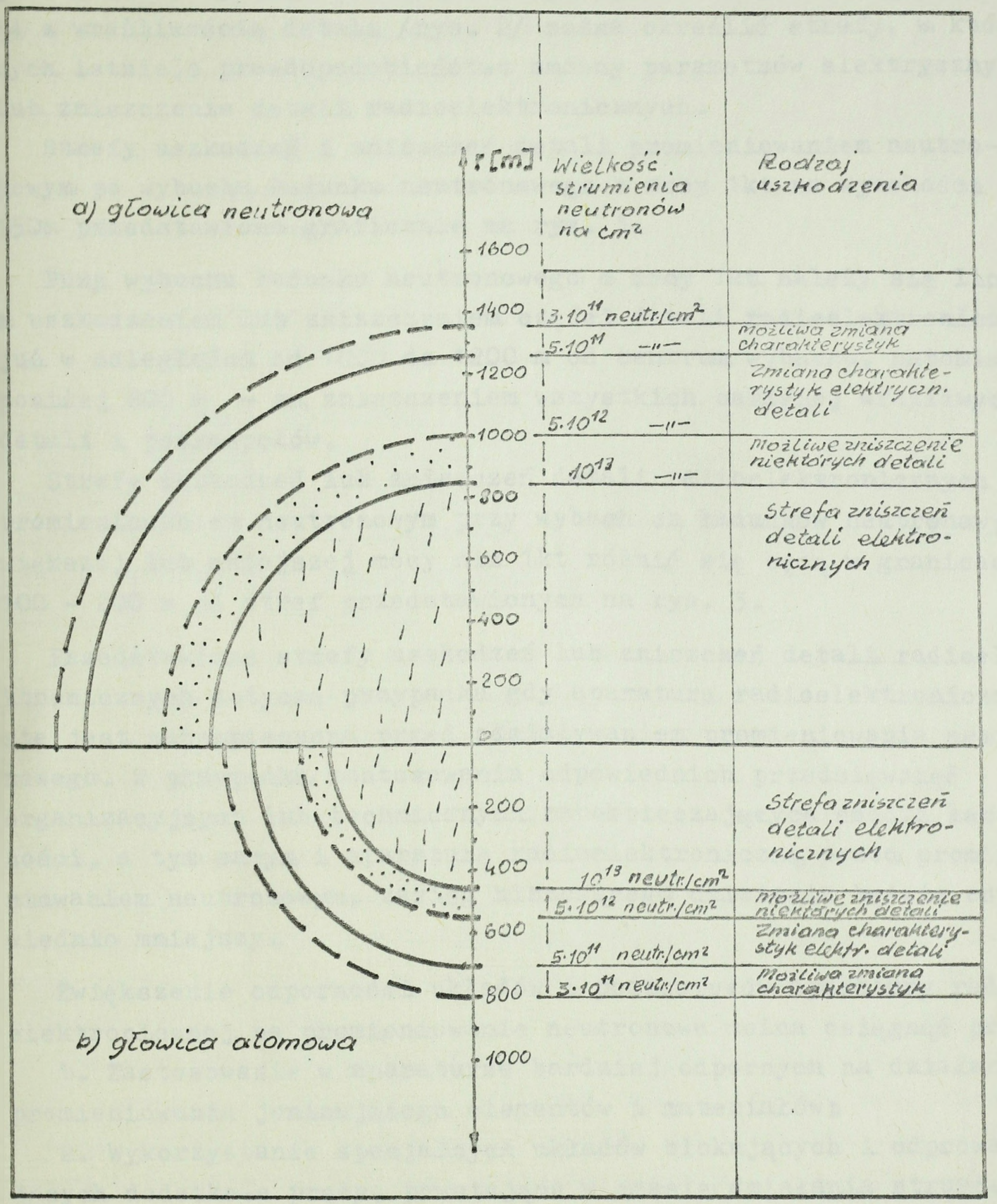
Odporność na promieniowanie funkcjonalnych podzespołów i mikromodułów zależy przede wszystkim od stabilności parametrów tranzystorów, a także od właściwości układowych rozwiązań.
Dopuszczalna zmiana parametrów występuje przy promieniowaniu neutronów rzędu 10^{12}neutr./cm^2 i mocy dawki promieni gamma 10^7 R/s.
Utrata właściwości użytkowych następuje przy strumieniu 3.10^{13}- 10^{15} neutr./cm^2, a bloking-generatory - przy ok. 10^{12} neutr./cm^2.

Przy działaniu strumieniem neutronów rzędu 10^{15}neutr./cm^2 na przekaźniki elektromagnetyczne, silniki elektryczne i akumulatory, zmian parametrów nie zaobserwowano.

Wrażliwość detali radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe zostało opracowane na podstawie pracy /4 str. 218-227/ oraz na podstawie wyników praktycznych badań dokonanych przez WIChiR w Instytucie Badań Jądrowych w Swierku w 1979/80r. Badania wykazały, w przeważającej większości zgodność badanych detali radioelektronicznych polskiej produkcji z wynikami podanymi w dostępnej literaturze.

Wrażliwość detali radioelektronicznych na promieniowanie neutronowe przedstawiono graficznie na rys. 2

Jak wynika z przedstawionej analizy odporności poszczególnych detali na promieniowanie neutronowe, najbardziej wrażliwymi są elementy półprzewodnikowe. Niektóre typy tranzystorów tracą właściwości użytkowe przy strumieniu neutronów rzędu 5.10^{12}neutr./cm^2 oraz diody półprzewodnikowe - przy 2.10^{13}neutr./cm^2.
Poza tym, niektóre typy kondensatorów /szczególnie papierowe/ ulegają zniszczeniu przy strumieniu 10^{13}neutr./cm^2.
Niektóre funkcjonalne podzespoły blokowe tracą właściwości użytkowe przy strumieniu 10^{12}- 10^{13}neutr./cm^2 /bloking-generatory- przy 10^{12}, a trygiery przy 8.10^{12}neutr./cm^2/..



Rys. 3 Strefy uszkodzeń i zniszczeń detali radioelektronicznych promieniowaniem neutronowym po wybuchu ładunku neutronowego i atomowego o mocy 1 kt

Te najbardziej wrażliwe na promieniowanie neutronowe detale radioelektroniczne decydują o odporności całej aparatuty.

Porównując wielkość strumienia neutronów na różnych odległościach od wybuchu neutronowego przedstawionego w załączniku 14 z wrażliwością detali /rys. 2/ można określić strefy, w których istnieje prawdopodobieństwo zmiany parametrów elektrycznych lub zniszczenie detali radioelektronicznych.

Strefy uszkodzeń i zniszczeń detali promieniowaniem neutronowym po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150m przedstawiono graficznie na rys. 3.

Przy wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt należy się liczyć z uszkodzeniem lub zniszczeniem części detali radioelektronicznych już w odległości od 1.000 do 1.200 m od centrum wybuchu, natomiast poniżej 800 m - ze zniszczeniem wszystkich bardziej wrażliwych detali i podzespołów.

Strefy uszkodzeń lub zniszczeń detali radioelektronicznych promieniowaniem neutronowym przy wybuchach ładunków neutronowych większej lub mniejszej mocy niż 1kt różnić się będą w granicach 100 - 200 m od stref przedstawionych na rys. 3.

Przedstawione strefy uszkodzeń lub zniszczeń detali radioelektronicznych dotyczą przypadku gdy aparatura radioelektroniczna nie jest zabezpieczona przed oddziaływaniem promieniowania neutronowego. W przypadku zastosowania odpowiednich przedsięwzięć organizacyjnych lub technicznych zabezpieczających środki łączności, a tym samym i aparaturę radioelektroniczną przed promieniowaniem neutronowym, zasięg niszczącego działania będzie odpowiednio mniejszy.

Zwiększenie odporności układów i podzespołów aparatury radioelektronicznej na promieniowanie neutronowe można osiągnąć przez:

1. Zastosowanie w aparaturze bardziej odpornych na działanie promieniowania jonizującego elementów i materiałów;

2. Wykorzystanie specjalnych układów blokujących i odprowadzających dodatkowe prądy, powstające w czasie działania strumienia neutronów;

3. Wykorzystanie układów, których normalna praca dopuszcza zmianę parametrów zastosowanych elementów w szerokich przedziałach;,

4. Wypełnienie powietrznych przestrzeni między połączeniami w układach materiałami izolacyjnymi;

5. Zmniejszenie czułości układów przełączających na zmiany amplitudy sygnałów wejściowych i napięcia układów zasilania;

6. Zastosowanie różnych układów wyłączających pewne układy, a w niektórych przypadkach i elementy układów na okres działania impulsowego promieniowania jonizującego;

7. Stosowanie w pancerzach wozów dowodzenia osłon przeciwneutronowych;

8. Powszechne wykorzystanie ukryć naturalnych i sztucznych w celu zabezpieczenia wozów dowodzenia i aparatowni łączności przed oddziaływaniem promieniowania przenikliwego.

3.2.3.4 Utrata właściwości użytkowej sprzętu na skutek jego aktywacji neutronami

Część środków łączności znajdujących się na opancerzonych wozach dowodzenia / SKOT, BWP, czołgi dowódcze, BRDM/ może okresowo utracić właściwości użytkowe na skutek aktywacji osłon pancernych i elementów wewnętrznych, a w aparatowniach łączności na skutek aktywacji aparatury radioelektronicznej i elementów konstrukcyjnych samochodu.

Zjawisko aktywacji polega na powstawaniu izotopów radioaktywnych w wyniku wychwytu przez pierwiastki neutronów. Główną rolę odgrywa tu wychwyt neutronu i emisja fotonu gamma, czyli powstawanie pierwiastków gamma-promieniotwórczych.

Aktywnością wzbudzoną nazywa się szybkość rozpadu promieniotwórczego pierwiastka. Określa ona liczbę atomów tego pierwiastka ulegających rozpadowi w jednostce czasu /74/.

Aktywność zależy od rodzaju pierwiastka i izotopu, a dla danego izotopu od jego masy. Jest ona miarą ilości izotopu promieniotwórczego w próbie.

Stalowe pancerze wozów dowodzenia i ich gąsienice /BWP i czołgi/, elementy konstrukcyjne podwozia oraz aparatura radioelektroniczna, wykonane są z mieszaniny metali o różnym składzie chemicznym i o różnej aktywności promieniotwórczej.

Czas promieniowania stali /aktywność objętościowa/ zależy od wielkości okresu połowicznego rozpadu izotopów promieniotwórczych oraz od wielkości strumienia neutronów termicznych działającego na dany obiekt. /Neutron termiczny - neutron o energii ok. 0,025 eV, co odpowiada prędkości cząstki 2 km/s. Nazwa "neutron termiczny" pochodzi stąd, że wtedy energia neutronowa równa się średniej energii cieplnej w temperaturze pokojowej /20°C/.

Neutrony termiczne szczególnie łatwo przenikają do jądra atomowego, wywołując reakcje jądrowe /90 str. 154 /.

Okresy połowicznego rozpadu /zaniku/ izotopów promieniotwórczych, które powstają w wyniku wychwytu neutronu przez aktywne składniki materiałów konstrukcyjnych wozów dowodzenia i aparatury radioelektronicznej wynoszą od kilku minut do kilkudziesięciu dni, a niektórych materiałów, nawet do kilku lat /74 str. 163/, przy czym większość z nich stanowią izotopy krótkotrwałe /o pół okresach rozpadu krótszych od dwóch dni/..

Stała rozpadu z okresem połowicznego rozpadu związana jest następującą zależnością:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

gdzie:

λ - stała rozpadu /godz.$^{-1}$/;

T - okres połowicznego rozpadu /godz./ izotopów promieniotwórczych, powstałych w wyniku wychwytu neutronu przez aktywne składniki materiałów konstrukcyjnych /74 str. 162/.

Z podanego wzoru wynika, że stała rozpadu zależy wyłącznie od okresu połowicznego rozpadu danego izotopu. Im krótszy jest okres połowicznego rozpadu tym stała rozpadu jest większa.

Spadek aktywności objętościowej wozów dowodzenia i aparatowni łączności jest nierównomierny w różnych przedziałach czasowych po wybuchu. W pierwszych minutach, a nawet godzinach po wybuchu neutronowym aktywność objętościowa stalowych części, które znalazły się w rejonie wybuchu jest bardzo wysoka - na bliższych odległościach rzędu kilku, a niekiedy kilkunastu tysięcy rentgenów /65/ i początkowo spada wolno /rys. 4/, dopiero w czasie od jednej godziny do jednego tygodnia po wybuchu następuje szybki spadek aktywności /o dwa rzędy wielkości na dobę/, po tygodniu spadek ten odbywa się znacznie wolniej.

Za dopuszczalną /graniczną/ wartość strumienia neutronów termicznych, który powoduje niebezpieczną dla człowieka aktywację sprzętu przyjmuje się strumień $\Phi = 10^{10}$ neutr./cm^2.

Przebieg charakterystyki spadku aktywności w funkcji czasu dla jednego z wariantów składu chemicznego stali pancernej i gąsienicowej podanego w pracy /68 str. 167/ po aktywacji strumieniem neutronów termicznych $\Phi = 10^{10}$ neutr./cm^2 przedstawiono na rys.4

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, wartość strumienia neutronów termicznych $\Phi = 10^{10}$ neutr./cm^2 występuje w odległości 1700 m..

W miarę zbliżania się do miejsca wybuchu wartość strumienia neutronów termicznych wzrasta. W rejonie wybuchu osiąga wartość $\Phi = 5 \cdot 10^{13}$ do $5 \cdot 10^{14}$ neutr./cm^2.

Zmiany wartości strumienia neutronów termicznych w funkcji odległości od wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt przedstawiono na rysunku 5 /74 str. 179/.

Za dopuszczalną moc dawki wewnątrz wozu dowodzenia lub aparatowni łączności przyjmuje się 0,5 R /h, zmierzoną po jednej dobie od czasu wybuchu. Odniesienie dopuszczalnej aktywności objętościowej wozu dowodzenia /aparatowni/ do czasu krótszego niż jedna doba może dać fałszywy pogląd o zagrożeniu załogi /obsługi/. Jeżeli np. po jednej godzinie po wybuchu moc dawki w przedziale bojowym czołgu wynosi 0,5 R/h, to po jednej dobie spadnie ona o około dwa rzędy wielkości /0,005R/h/. Dawka pochłonięta przez załogę w ciągu kilkunastu dni nie przekroczy kilku rentgenów. Jeżeli natomiast moc dawki 0,5 R/h będzie występować po jednej dobie, to oznacza, że po jednej godzinie wynosiła ona około 50 R/h, a w ciągu kilkunastu dni od aktywacji żołnierze mogą pochłonąć dawkę powyżej 50 R. /74 str. 184/, co przekracza dopuszczalną dawkę jaką może pochłonąć organizm ludzki w tak krótkim czasie.

Dopuszczalną aktywność objętościową elementów konstrukcyjnych wozów dowodzenia i aparatowni łączności możemy obliczyć korzystając z następującego uproszczonego wzoru /74 str. 174/:

$$a_v = 3{,}5 \cdot 10^3 \frac{d \cdot k}{G} \left[\text{rozp./min.} \cdot \text{cm}^3\right]$$

gdzie:

a_v – dopuszczalna aktywność objętościowa elementów konstrukcyjnych sprzętu [rozp./min. · cm^3];

$3{,}5 \cdot 10^3$ – współczynnik stały uwarunkowany danymi technologicznymi danego sprzętu w powiązaniu z przyjętą dopuszczalną mocą dawki promieniowania wewnątrz wozu dowodzenia /aparatowni/;

d – średnia odległość załogi /obsługi/ od elementów konstrukcyjnych sprzętu /m/;

k – współczynnik pochłaniania promieniowania wewnątrz materiału, pochodzącego od radioaktywnych materiałów konstrukcyjnych /wielkość bezwymiarowa/;

G – ciężar sprzętu /w tonach/.

Srednią odległość "d", dla poszczególnych wozów dowodzenia i aparatowni łączności można określić szacunkowo przyjmując, że dla każdego wozu o wymiarach a x b x c, przy a< b <c zachodzi zależność 0,5c< d<0,5a. Czyli jeżeli weźmiemy połowę długości i szerokości pojazdu, dodamy do siebie i podzielimy przez dwa otrzymamy w przybliżeniu średnią odległość członków załogi od elementów konstrukcyjnych. Obliczona w ten sposób średnia odległość "d" każdego członka załogi od wszystkich elementów konstrukcyjnych pojazdu wynosi średnio w granicach od 1,5 do 2 m. Dla czołgów dowódczych d = 1,5 m, a dla pozostałych wozów dowodzenia i aparatowni łączności - 2 m.

Współczynnik pochłaniania promieniowania wewnątrz materiałów konstrukcyjnych sprzętu "k", zależy od grubości i kształtów elementów konstrukcyjnych. Dokładne określenie tego współczynnika dla różnych rodzajów sprzętu jest skomplikowane. Szacunkowo przyjmuje się połowę wielkości współczynnika osłabienia promieniowania pochodzącego z zewnątrz, który jest znany dla każdego rodzaju sprzętu. Np. : dla czołgu - 10, transportera opancerzonego - 4, samochodu - 2. Uzasadnia się to tym, że substancja radioaktywna, która jest źródłem wtórnego promieniowania jest rozłożona w miarę równomiernie w całej objętości materiałów konstrukcyjnych. Za wartość średnią można przyjąć wartość ze środka /połowy/ przedmiotu /74 str. 172/. W związku z tym, współczynnik pochłaniania "k" można przyjąć: dla czołgów - 5, transporterów opancerzonych - 2, a dla aparatowni łączności - 1,05*).

Dopuszczalna aktywność objętościowa a_v, dla wozów dowodzenia i aparatowni łączności obliczona przy pomocy wyżej podanego wzoru zestawiono w tabeli 8.

Średnia wartość dopuszczalnej aktywności objętościowej wynosi: dla WD na czołgach - 0,7 . 10^3, na BWP i SKOT - 0,9 . 10^3, na BRDM - 2 . 10^3, a dla aparatowni łączności 0,75 . 10^3 rozp./ min. . cm^3.

---

*) Współczynnik osłabienia dla samochodów wynosi 2, a współczynnik pochłaniania - około jedności. Biorąc pod uwagę fakt, że w aparatowniach łączności zamontowana jest aparatura radioelektroniczna należy przypuszczać, że współczynnik ten będzie zawarty w granicach od 1,01 do 1,1. Autor przyjął wartość średnią 1,05.

Tabela 8

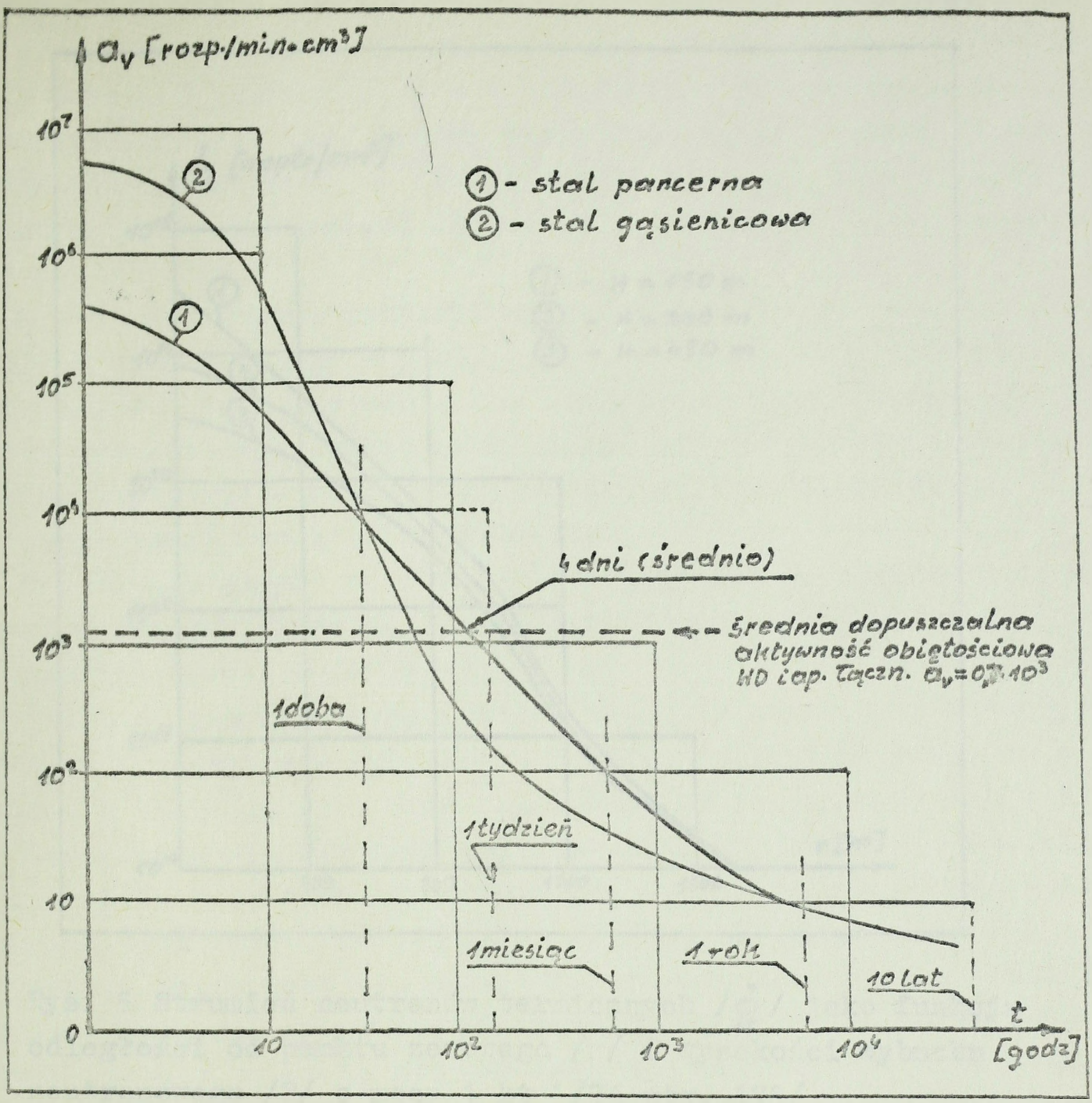
Dopuszczalna aktywność objętościowa a_v wozów dowodzenia i aparatowni łączności

Lp.	Rodzaj sprzętu bojowego	d /m/	k	G /t/	a_v / rozpamin^{-1} . cm^{-3}/
1	Czołg T-55A	1,5	5	36,5	0,72 . 10^3
2	Czołg T-72	1,5	5	41,0	0,64 . 10^3
3	WD na BWP	2	2	13,3	1,05 . 10^3
4	WD na SKOT	2	2	14,8	0,90 . 10^3
5	WD na BRDM-2	2	2	7,0	2,00 . 10^3
6	R-409	2	1,05	10,5	0,70 . 10^3
7	R-405Z	2	1,05	9,3	0,79 . 10^3
8	ATf-TI, RWŁ-1M	2	1,05	9,8	0,75 . 10^3
9	ATgS-A	2	1,05	10,2	0,72 . 10^3
10	R-140, R-137, R-118	2	1,05	9,0	0,82 . 10^3
11	RD-115Z, WD-43	1,5	1,05	2,49	2,25 . 10^3

Ogólnie, dla wszystkich wozów dowodzenia i aparatowni łączności, za średnią wartość dopuszczalnej aktywności objętościowej można przyjąć wartość najniższą - 0,7 . 10^3 rozp./min . cm^3.

Wielkość strefy aktywacji promieniotwórczej wozów dowodzenia i aparatowni łączności powyżej dopuszczalnych norm w rejonie wybuchu neutronowego uzależniona jest od wartości strumienia neutronów termicznych wywołujących aktywność objętościową sprzętu i od odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego.

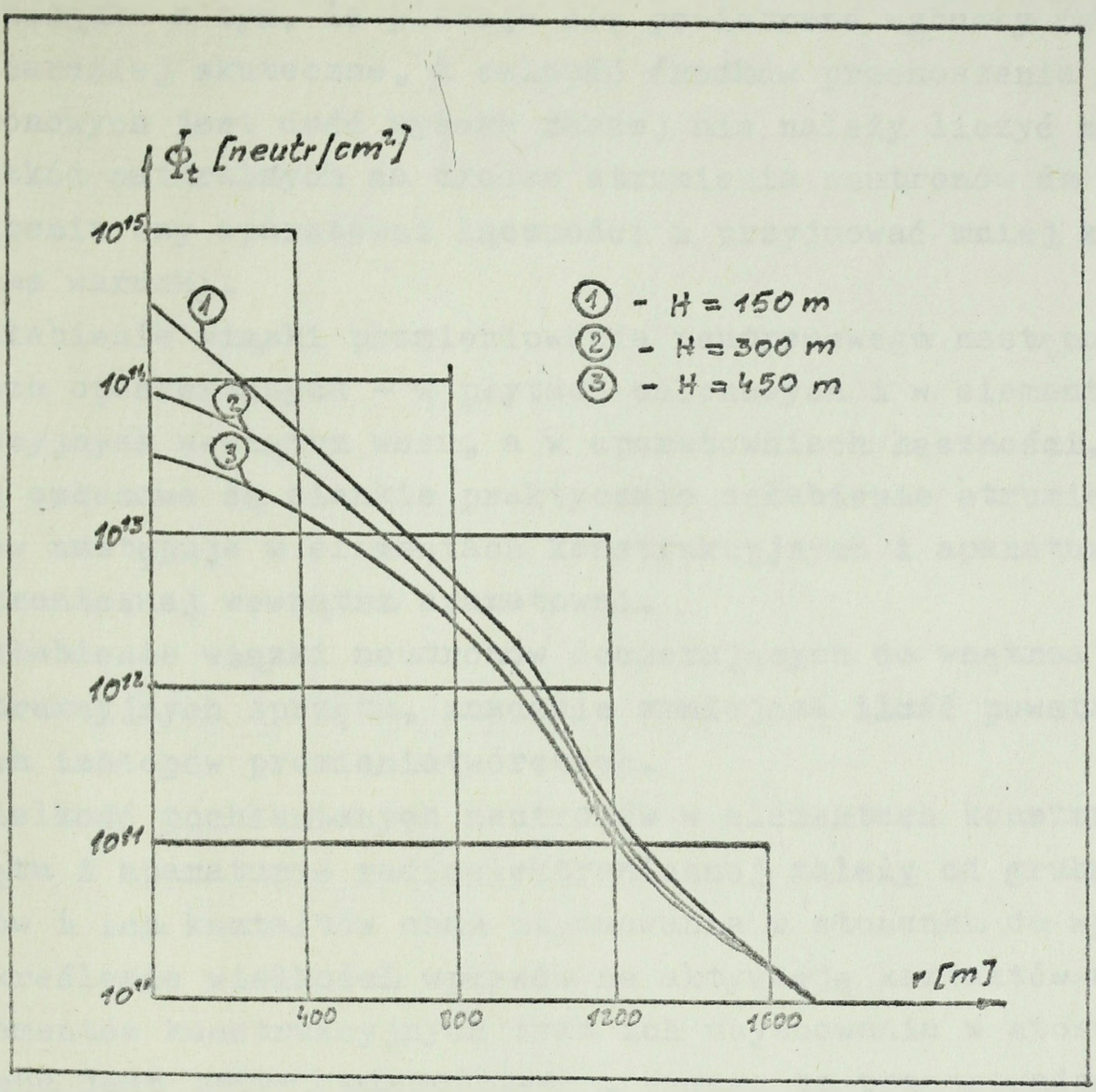
Ilość neutronów termicznych w ogólnym strumieniu neutronów zależy w dużej mierze od warunków wybuchu takich jak: wysokość wybuchu /rys. 5/, rodzaj podłoża, wilgotność podłoża i powietrza oraz ciśnienie powietrza.



Rys. 4 Aktywność objętościowa stali /a_v/ w funkcji czasu /t/, po aktywacji strumieniem neutronów termicznych $\Phi_t^I = 10^{10}$ neutr/cm^2 /74 str. 167/

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 analizy przyjęto warunki średniej wilgotności powietrza, a ilość neutronów termicznych - 30-40% ogólnego strumienia neutronów. Założenie to jest słuszne dla odległości od wybuchu około 500 m, przy innych odległościach mogą być znaczne odchylenia od tych ustaleń, jednak dla analizy przedmiotu badań uproszczenie to w dostatecznym stopniu odzwierciedla warunki realne.



Rys. 5 Strumień neutronów termicznych /Φ_t/ jako funkcja odległości od punktu zerowego /r/ i wysokości wybuchu neutronowego /H/ o mocy 1 kt /74 str. 179/

Zależność strumienia neutronów termicznych od odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1kt, na różnych wysokościach przedstawiono na rysunku 5 /74 str. 179/.

W celu określenia wielkości strumienia neutronów termicznych w rejonach wybuchów neutronowych o innych mocach niż 1kt, należy wartości odczytane z wykresu przedstawionego na rysunku 5, pomnożyć przez moc wybuchu wyrażoną w kilotonach.

Jak wynika z wyknesu przedstawionego na rys. 5, począwszy od odległości 1700 m od wybuchu neutronowego o mocy 1kt może wystąpić niebezpieczna aktywność objętościowa elementów konstrukcyjnych sprzętu, która może utrzymywać się do kilku godzin. Przypadek ten wystąpi wówczas jeżeli strumień neutronów nie napotka na swej drodze przeszkód osłabiających jego wartość.

W warunkach rzeczywistych odległość ta może być mniejsza.

W związku z tym, że planuje się powietrzne wybuchy neutronowe, jako bardziej skuteczne, a celność środków przenoszenia głowic neutronowych jest dość wysoka raczej nie należy liczyć na wiele przeszkód naturalnych na drodze strumienia neutronów do wozu dowodzenia czy aparatowni łączności i przyjmować mniej korzystne dla nas warunki.

Osłabienie wiązki promieniowania neutronowego następuje w pojazdach opancerzonych - w płytach osłonowych i w elementach konstrukcyjnych wewnątrz wozu, a w aparatowniach łączności, gdzie płyty osłonowe są cienkie praktycznie osłabienie strumienia neutronów następuje w elementach konstrukcyjnych i aparaturze radioelektronicznej wewnątrz aparatowni.

Osłabienie wiązki neutronów docierających do wnętrza elementów konstrukcyjnych sprzętu, znacznie zmniejsza ilość powstających w nich izotopów promieniotwórczych.

Wielkość pochłanianych neutronów w elementach konstrukcyjnych sprzętu i aparaturze radioelektronicznej zależy od grubości elementów i ich kształtów oraz usytuowania w stosunku do wybuchu.

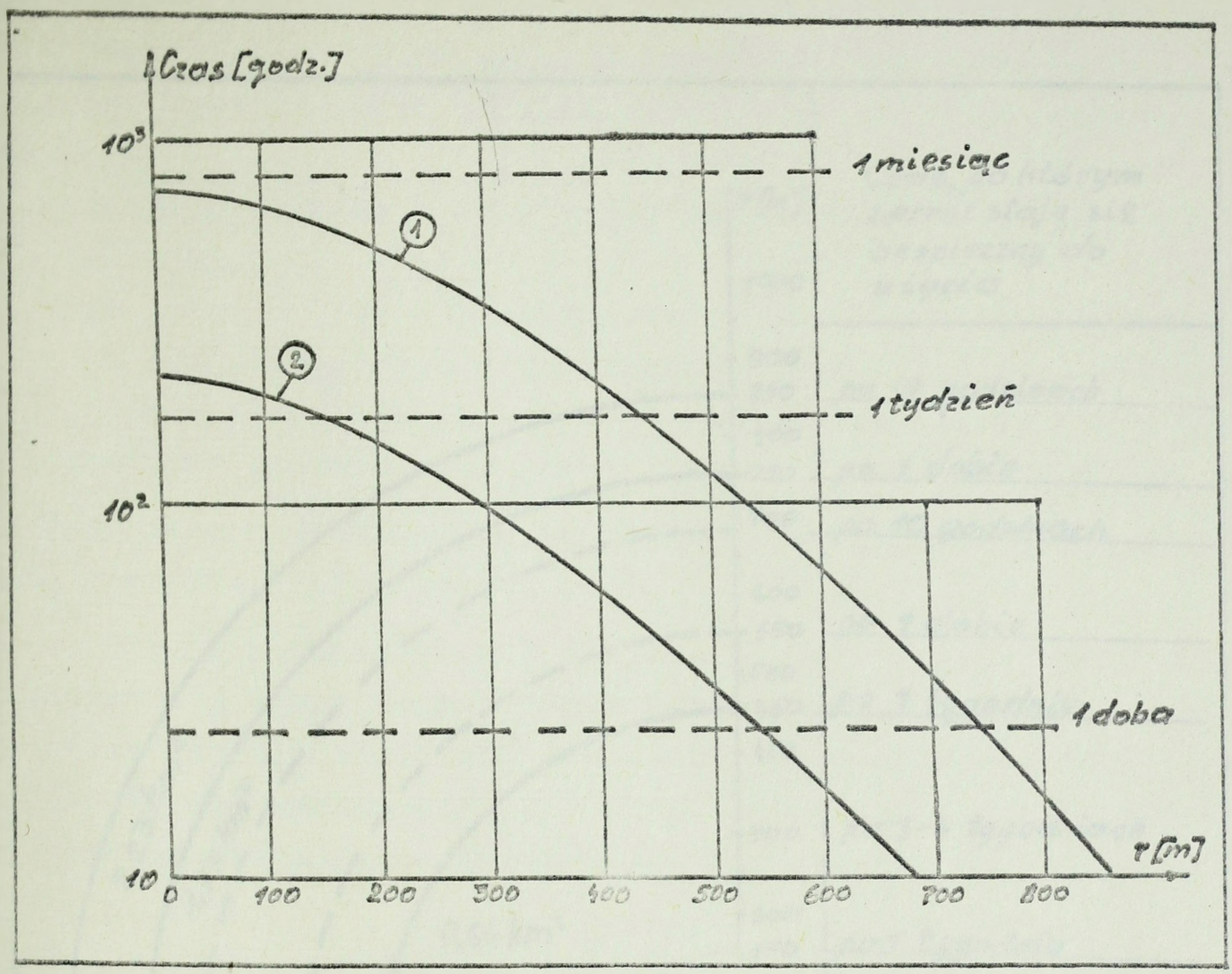
Określenie wielkości wpływów na aktywację kształtów aparatury i elementów konstrukcyjnych oraz ich usytuowania w stosunku do wybuchu jest raczej niemożliwe . Wymaga to przeprowadzenia praktycznych eksperymentów, co w naszych warunkach jest niemożliwe. Możliwe jest jedynie w sposób uproszczony określić wpływ na aktywność sprzętu bojowego grubość jego elementów konstrukcyjnych, na podstawie znajomości współczynnika osłabienia neutronów przechodzących przez elementy osłonowe.

Dotyczy to jednak całego widma energetycznego neutronów. Osłabienie neutronów termicznych jest dużo większe i tylko znikoma część przenika do wnętrza materiału.

Przyjmuje się, że średni strumień neutronów termicznych wewnątrz elementów konstrukcyjnych sprzętu bojowego wynosi 1.0^{-2} do 1.0^{-3} części strumienia początkowego /74/.

Założenie to dotyczy również procesu spowolnienia neutronów prędkich.

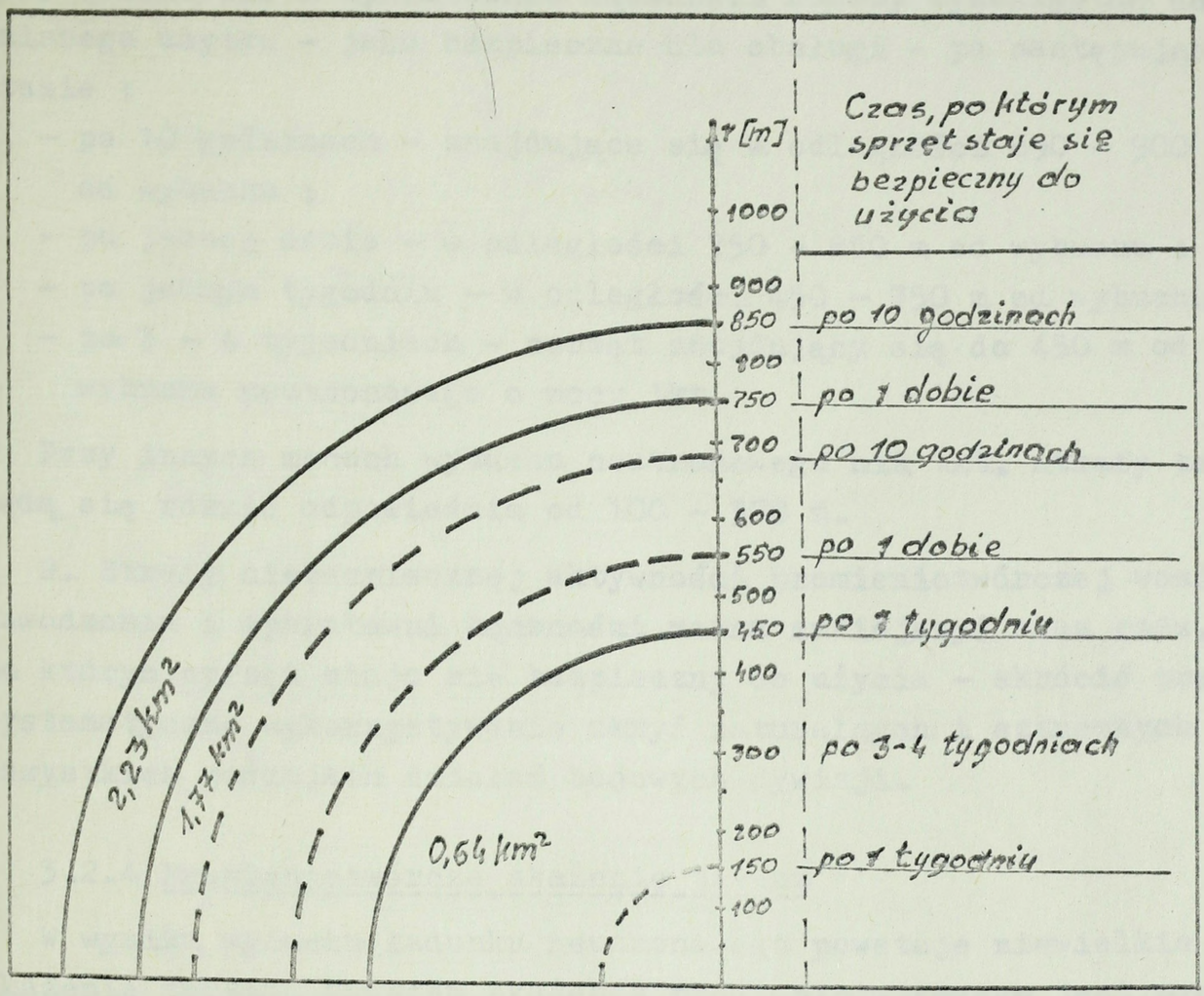
Uwzględniając powyższe założenia, na rysunku 6 przedstawiono czas spadku aktywności objętościowej czołgów i transporterów opancerzonych do dopuszczalnych norm na różnych odległościach od wybuchu neutronowego o mocy 1kt, wykreślonego na podstawie pracy /74 str. 183/.



Rys. 6 Czas spadku aktywności objętościowej sprzętu bojowego do dopuszczalnych norm jako funkcja jego odległości od wybuchu neutronowego o mocy 1kt /74 str. 183/
1 – Czołgi, BWP-765, SKOT-2AP ;
2 – BRDM-2

Ze względu na to, że dopuszczalna aktywność objętościowa aparatowni łączności jest zbliżona do dopuszczalnej aktywności czołgów i transporterów opancerzonych /patrz tabela 8/, wykresy te można przyjąć jako w przybliżeniu słuszne dla wszystkich wozów dowodzenia i aparatowni łączności.

Przy tym założeniu, na podstawie wykresów przedstawionych na rysunku 6 sporządzono wykresy stref powierzchni niebezpiecznej aktywności promieniotwórczej, wozów dowodzenia i aparatowni łączności po wybuchu neutronowym o mocy 1kt i przedstawiono graficznie na rysunku 7.



Rys. 7 Strefy niebezpiecznej aktywności promieniotwórczej wozów dowodzenia i aparatowni łączności po wybuchu neutronowym o mocy 1kt

_____ Dotyczy wozów dowodzenia na czołgach, BWP i SKOT oraz aparatowni łączności ;

------ Dotyczy BRDM-2.

Za maksymalną strefę utraty właściwości użytkowych wozów dowodzenia i aparatowni łączności, ze względu na ich aktywację przyjmuje się obszar ograniczony odległością od punktu zerowego wybuchu, na której aktywność objętościowa sprzętu przekracza dopuszczalną normę /0,5 R/h/ po jednej dobie od momentu wybuchu. Poza granicą tej strefy, sprzęt można uznać za zdolny do użytku.

Z wykresów przedstawionych na rysunku 7 wynikają następujące wnioski :

1. Ze względu na niebezpieczną aktywność promieniotwórczą, wozy dowodzenia i aparatownie łączności możemy wykorzystać do dalszego użytku - jako bezpieczne dla obsługi - po następującym czasie :

- po 10 godzinach - znajdujące się w odległości 850 - 900 m od wybuchu ;
- po jednej dobie - w odległości 750 - 850 m od wybuchu ;
- po jednym tygodniu - w odległości 450 - 750 m od wybuchu ;
- po 3 - 4 tygodniach - sprzęt znajdujący się do 450 m od wybuchu neutronowego o mocy 1kt.

Przy innych mocach wybuchu neutronowego niż 1kt, strefy te będą się różnić odpowiednio od 100 - 300 m.

2. Strefy niebezpiecznej aktywności promieniotwórczej wozów dowodzenia i aparatowni łączności można zmniejszyć oraz czas, po którym sprzęt staje się bezpieczny do użycia - skrócić przez systematyczne wykorzystywanie ukryć naturalnych i sztucznych we wszystkich rodzajach działań bojowych dywizji.

3.2.4 Promieniotwórcze skażenie terenu

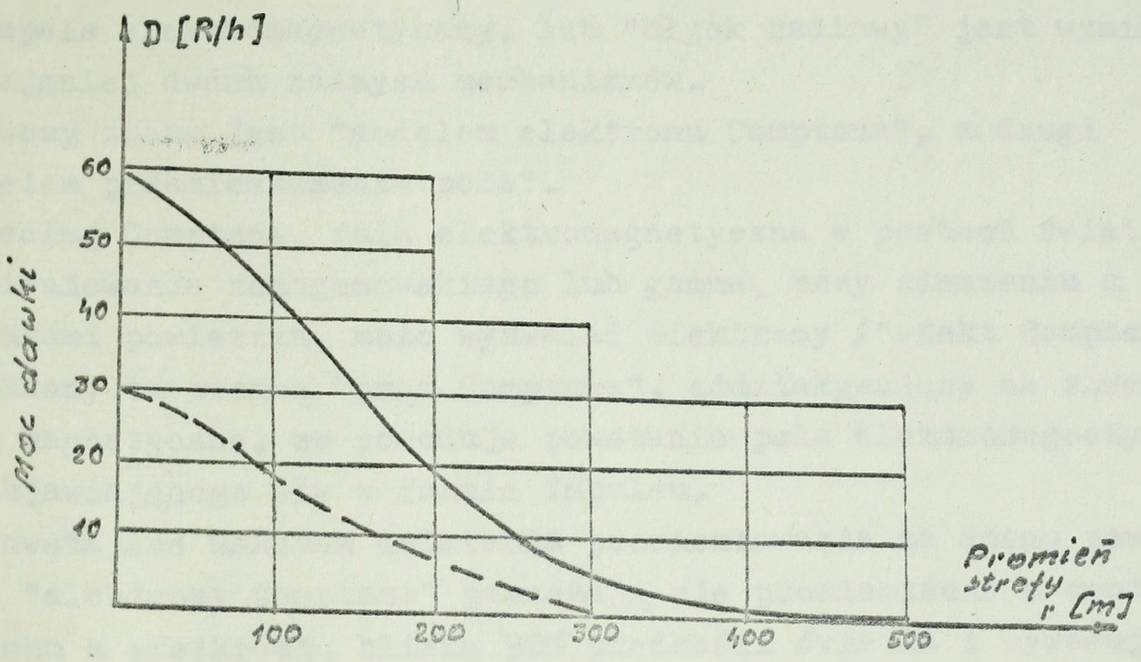
W wyniku wybuchu ładunku neutronowego powstaje niewielkie skażenie terenu. Źródłem skażenia promieniotwórczego jest proces aktywacji gruntu strumieniem neutronów. Ze względu na dużą energię neutronów prędkich, będzie ono usytuowane na głębokościach dochodzących do kilkudziesięciu centymetrów /89 str. 157/. 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 1kt są w przybliżeniu takie same jak w rejonie wysokiego powietrznego wybuchu atomowego o mocy 6 - 8 kt. Napromienienie nawet twardego gruntu następuje w promieniu 900 m, lecz praktycznie promień oddziaływania wynosi mniej niż 600 m, a nawet i wówczas rozpad połowiczny następuje po 40 minutach /7 str. 21/.

Skażenie promieniotwórcze terenu w pobliżu punktu zerowego może stanowić zagrożenie dla ludzi nieosłoniętych w ciągu kilkunastu godzin po wybuchu*).

---

*) Według opracowania K. Sztarskiego - "Zminiaturyzowane ładunki jądrowe" zagrożenie niebezpieczne dla ludzi w promieniu 500 - 600 m wynosi kilka godzin po wybuchu.



Rys. 8 Orientacyjne prawdopodobne skażenie terenu w rejonie wybuchu /po jednej godzinie/ /65/

_____ – wybuch neutronowy o mocy 1kt ;

------- – wybuch atomowy powietrzny o mocy 6 kt

W odległości około 500 m od punktu zerowego można działać bez osłon bezpośrednio po wybuchu, bez narażenia się na przekroczenie dawki dopuszczalnej.

Orientacyjne prawdopodobne skażenie terenu w rejonie wybuchu neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m przedstawiono według pracy /65/ na rysunku 8.

Jak wynika z rysunku 8 maksymalna moc dawki w rejonie wybuchu wynosi 60 R/h.

Według poglądów zachodnich /7 str. 21/ – maksymalna moc dawki w rejonie wybuchu neutronowego wynosi około 20 R/h. W przypadku planowania zajęcia rejonu natychmiast po wybuchu neutronowym, istnieje możliwość wyeliminowania nawet i tej dawki przez podniesienie punktu zerowego wybuchu na wysokość około 450 m.

3.2.5 Impuls elektromagnetyczny

3.2.5.1 Ogólna charakterystyka impulsu elektromagnetycznego

Impuls elektromagnetyczny, lub "błysk radiowy" jest wynikiem co najmniej dwóch różnych mechanizmów.
Pierwszy zwany jest "modelem elektronu Comptona", a drugi "modelem przemieszczenia pola".

Według Comptona, fala elektromagnetyczna w postaci światła, promieniowania rentgenowskiego lub gamma, przy zderzeniu z cząsteczkami powietrza, może wyzwalać elektrony /"efekt Comptona"/. Elektrony te tworzą "prąd Comptona", oddziaływujący na ziemskie pole magnetyczne, co powoduje powstanie pola elektromagnetycznego objawiającego się w formie impulsu.

Powstające wskutek działania promieniowania na atomy powietrza "elektrony Comptona" poruszają się promieniście z centrum wybuchu z prędkością bliską 90% prędkości światła i wywołują na swej drodze wtórne promieniowanie gamma.

Według "modelu przemieszczenia pola" mechanizm powstawania impulsu elektromagnetycznego związany jest z mocą termodynamiczną.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego następuje wzmocnienie impulsu elektromagnetycznego, powstającego według "modelu Comptona" i osłabienie - powstającego według "modelu przemieszczenia pola".
W rezultacie impuls elektromagnetyczny wybuchu neutronowego jest w przybliżeniu taki sam jak atomowego o tej samej mocy ogólnej.

Impuls elektromagnetyczny powstaje przy każdym rodzaju wybuchu jądrowego /zarówno atomowego jak i neutronowego/.
W każdym przypadku stanowi on około 1% ogólnej energii mocy danego wybuchu.

Przy naziemnych i powietrznych wybuchach jądrowych na przestrzeni wielu kilometrów od centrum wybuchu powstaje pole elektromagnetyczne, które powoduje zaindukowanie się we wszystkich metalowych obiektach /we wszystkich przedmiotach przewodzących prąd/ wysokich elektrycznych potencjałów w stosunku do ziemi. Jednocześnie emitowane są fale radiowe, rozchodzące się na duże odległości od miejsca wybuchu. Promieniowanie radiowe jest przyjmowane przez aparaturę radioodbiorczą jako krótkotrwałe zakłócenia podobne do zakłóceń powstających podczas wyładowań

atmosferycznych.

Maksimum energii impulsu elektromagnetycznego wydziela się w zakresie fal bardzo długich, na częstotliwościach od 1.0 do 20 kHz /przy wybuchach małej mocy/ /18/.
Przy zwiększaniu mocy wybuchu maksimum energii wydziela się na niższych częstotliwościach.

Czas trwania impulsu elektromagnetycznego może dochodzić do setek mikrosekund.

Czas narastania maksymalnej amplitudy - nie przekracza 1.0^{-6} sekundy.

Na napowietrznych, naziemnych i podziemnych liniach przewodowych i kablowych oraz w antenach urządzeń radioelektronicznych powstają dość wysokie potencjały elektryczne, zarówno w stosunku do ziemi jak i między przewodami /żyłami kabla/.

Na skutek powstałych wysokich potencjałów powstają przepięcia, które mogą spowodować przebicia izolacji przewodów i kabli oraz elementów podłączonej do nich aparatury i urządzeń elektronicznych.

Przebicie izolacji powoduje zwarcie w przewodach lub przepalenie elementów wejściowych /uzwojenia przekaźników, transformatorów, cewek indukcyjnych itp./. Poza tym, pod wpływem wysokiego impulsu prądowego może nastąpić uszkodzenie niskoprądowych urządzeń przekaźnikowych, przebicie kondensatorów, przepalenie rezystorów, elementów półprzewodnikowych i bezpieczników.

3.2.5.2 Określenie wielkości natężenia pola impulsu elektromagnetycznego*)

Impuls elektromagnetyczny posiada dwie składowe : pionową i poziomą. W pierwszej połowie impulsu składowa pionowa natężenia pola elektromagnetycznego naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych skierowana jest prostopadle do powierzchni ziemi, natomiast składowa pozioma - w kierunku promienia /promieniście/ od centrum wybuchu.

Czas narastania pierwszej połowy impulsu /do maksymalnej

---

*) Opracowano na podstawie "Bojewyje swojstwa jadiernowo oruzja" /4/ Wyd. MO SSSR 1967r str. 452 - 463.

wartości amplitudy/ we wszystkich przypadkach nie przewyższa 10^{-6} sekundy.

Typowy kształt impulsu elektromagnetycznego w powietrzu na różnej odległości od centrum wybuchu przedstawiono na rysunku 9.

Czasowa zależność natężenia pola elektromagnetycznego w pobliżu powierzchni ziemi /na wysokości do 10 m/ na obszarze od 1 do 6 km od centrum wybuchu /rys. 9a/ opisuje się w przybliżeniu wyrażeniem:

$$E/t/ = E_{max} /0,3e^{-0,1\delta t} + 0,7e^{-0,001\delta t} - e^{-6,15 \cdot 10^{6} t}/ \qquad /1/$$

gdzie :

$E/t/$, E_{max} - bieżące i maksymalne wartości natężenia pola elektromagnetycznego /V/m/ ;

t - czas od momentu wybuchu /s/ ;

δ - parametr, zależny od mocy wybuchu /rys. 10/, określa się go z wyrazenia :

$$\delta = \frac{2,4 \cdot 10^{5}}{2 \mp |\lg q|^{1,62}} \qquad /2/$$

w którym q - moc wybuchu w /kt/;

znak /-/ przyjmuje się dla $q < 1$kt ;

znak /+/ - dla $q \geq 1$kt.

Na obszarze od 6 do 100 km od centrum wybuchu natężenie pola elektromagnetycznego impulsu /rys. 9b/ określa się z wzoru :

$$E/t/ = E_{max} \cdot \delta t e^{-\delta t} / \delta^2 t^2 - 6\delta t + 6/ \qquad /3/$$

Oznaczenia - jak we wzorze /1/.

Maksymalna wartość składowej pionowej natężenia pola elektromagnetycznego zależy od wielu czynników. Między innymi od mocy i wysokości wybuchu oraz od odległości od centrum wybuchu.

$$E_{max}^{pion.} = 600 \Psi/\xi/ \cdot f_1/q/ \cdot f_2/r/ \cdot f_3/H/ \quad [V/m] \qquad /4/$$

gdzie $f_1/q/$ – funkcja, zależna od mocy wybuchu /rys. 11/.

$$f_1/q/ = 1,1,6 + \lg q \qquad /5/$$

gdzie q – moc wybuchu w /kt/.

$f_2/r/$ – funkcja, zależna od odległości od centrum wybuchu /rys. 12/.

$$f_2/r/ = \frac{2,3}{r^{3,2}} - \frac{1,4}{r^{5,6}} + \frac{0,085}{r} \qquad /6/$$

gdzie r – odległość od centrum wybuchu w /km/;

$f_3/H/$ – funkcja zależna od wysokości wybuchu /rys. 13/;

$$f_3/H/ = e^{-3H} + 0,375/e^{-0,24H} - e^{-1,5H}/, \qquad /7/$$

gdzie H – wysokość wybuchu w /km/.

We wzorze /4/ wprowadzona funkcja $\psi/\xi/$ zależna jest od przyjętego stopnia dokładności obliczanych rezultatów.

Przy wybuchach jądrowych z całego szeregu przyczyn nie dających się ściśle uwzględnić w obliczeniu /np. konstrukcja amunicji, parametry środowiska, w którym następuje wybuch, błędy pomiarów przy eksperymentach itp./, faktyczna wielkość maksymalnego natężenia pola różni się od obliczonej.

Na rys. 14 przedstawiono funkcję $\psi/\xi/$, która uwzględnia rozkład odchylenia faktycznych wielkości natężenia pola od obliczonych.

Zakładając wielkość ξ, na wykresie znajdujemy odpowiadającej jej wartość funkcji $\psi(\xi)$.

Na przykład, chcąc otrzymać obliczoną wielkość E_{max} z gwarancją, że w 95% wybuchów amplituda impulsu nie przewyższy obliczonej wartości, na wykresie rys. 14 znajdujemy dla $\xi = 95\%$ odpowiadającą jej wartość funkcji $\psi/\xi/ = 22$.

Wzór /4/ jest słuszny dla powierzchni od 1 do 100 km od centrum wybuchu przy wysokości wybuchu od 0 do 4 km i mocy wybuchu od 0,1kt do 20Mt.

Dla orjentacyjnych obliczeń natężenie pola na powierzchni mniejszej od 1km można przyjąć wartość natężenia pola – jak na odległości 1km.

Maksymalna wartość składowej poziomej natężenia pola elektromagnetycznego na powierzchni ziemi i nad jej powierzchnią

/na wysokości do 1,5 m i odległości do 5km od centrum wybuchu/ wynosi w przybliżeniu jedną dziesiątą wartości składowej pionowej

$$E_{max}^{poz.} \approx 1/10 E_{max}^{pion.} \qquad /8/$$

Ponieważ składowa pionowa pola elektromagnetycznego jest prostopadła do składowej poziomej, wypadkową maksymalną wartość pola elektromagnetycznego można określić przy pomocy wzoru Pitagorasa

$$E_{max} = \sqrt{\left(E_{max}^{pion.}\right)^2 + \left(E_{max}^{poz.}\right)^2} \quad [V/m] \qquad /9/$$

Maksymalną wartość natężenia pola elektromagnetycznego w gruncie /po wybuchu jądrowym/ można orientacyjnie określić przy pomocy wzoru /4/ i /8/.

Maksymalną wartość składowej poziomej natężenia pola elektromagnetycznego na powierzchni ziemi /na wysokości od 1,5 m i na odległości do 5km / oraz w gruncie można dokładniej określić przy pomocy wzoru

$$E_{max}^{poz.} = \Psi/\xi/ \cdot f_1/q/ \cdot f_2/r/ \; f_3/H/ \quad [V/m] \qquad /10/$$

gdzie: $\Psi/\xi/$ i $f_1/q/$ – wartości funkcji jak we wzorze /4/;

$f_2/r/$ – funkcja, zależna od odległości od centrum wybuchu /rys. 15/,

$$f_2/r/ = \frac{1}{2r^3} + \frac{1}{r^2} \qquad /11/$$

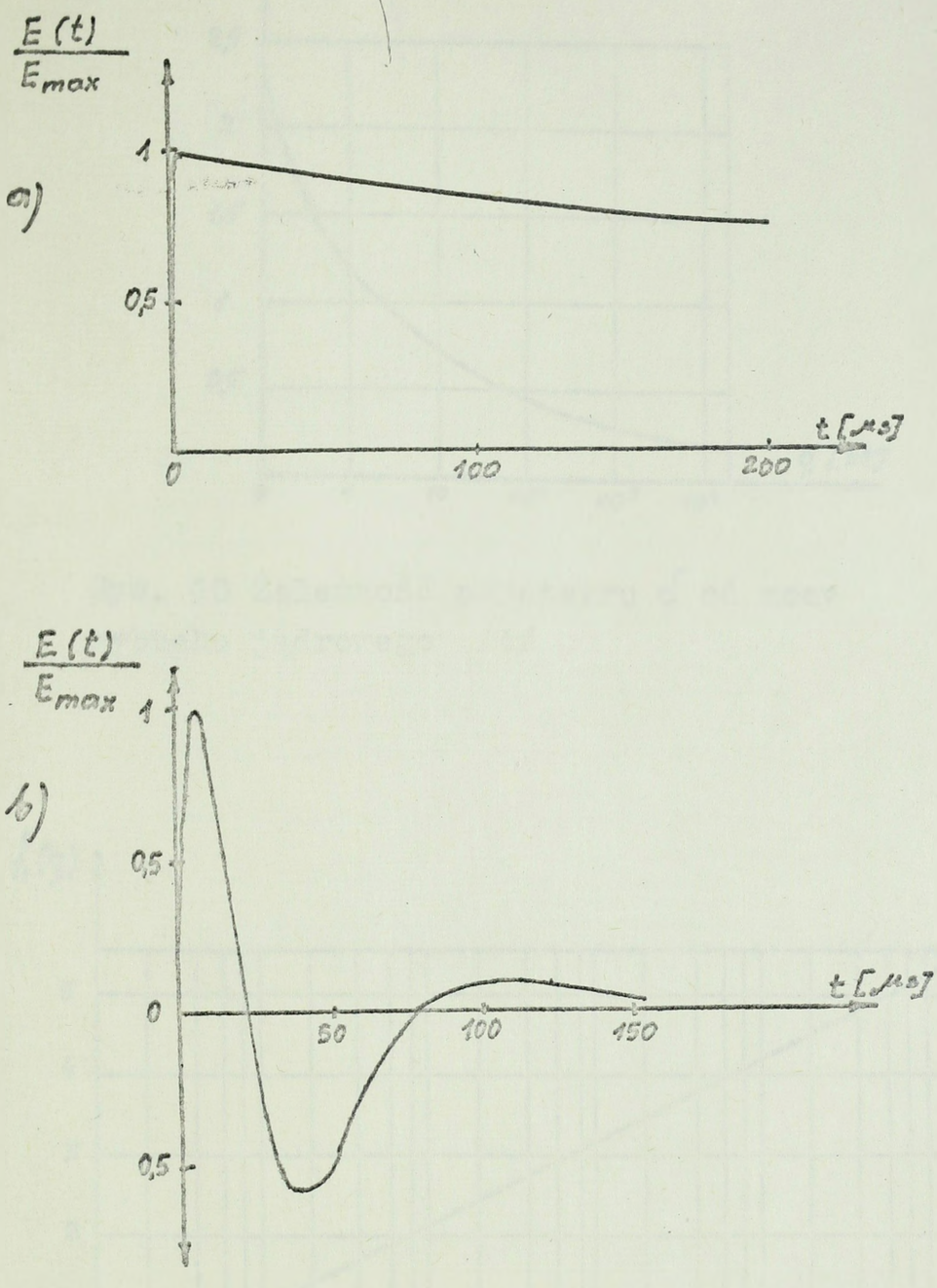
gdzie r – odległość od centrum wybuchu w /km/;

$f_3/H/$ – funkcja, określająca wpływ wysokości wybuchu na natężenie pola elektromagnetycznego /rys. 16/

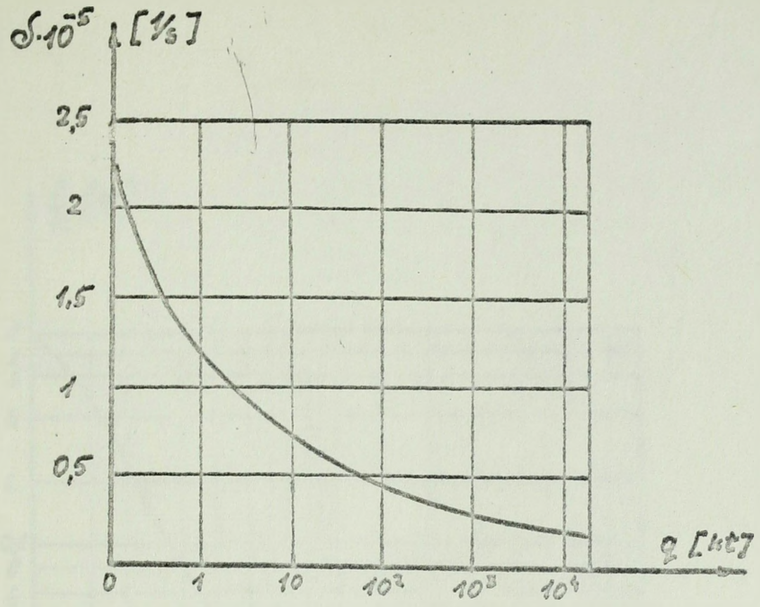
$$f_3/H/ = 3,5e^{-H} - 2,5e^{-5H} \qquad /12/$$

gdzie H – wysokość wybuchu w /km/.

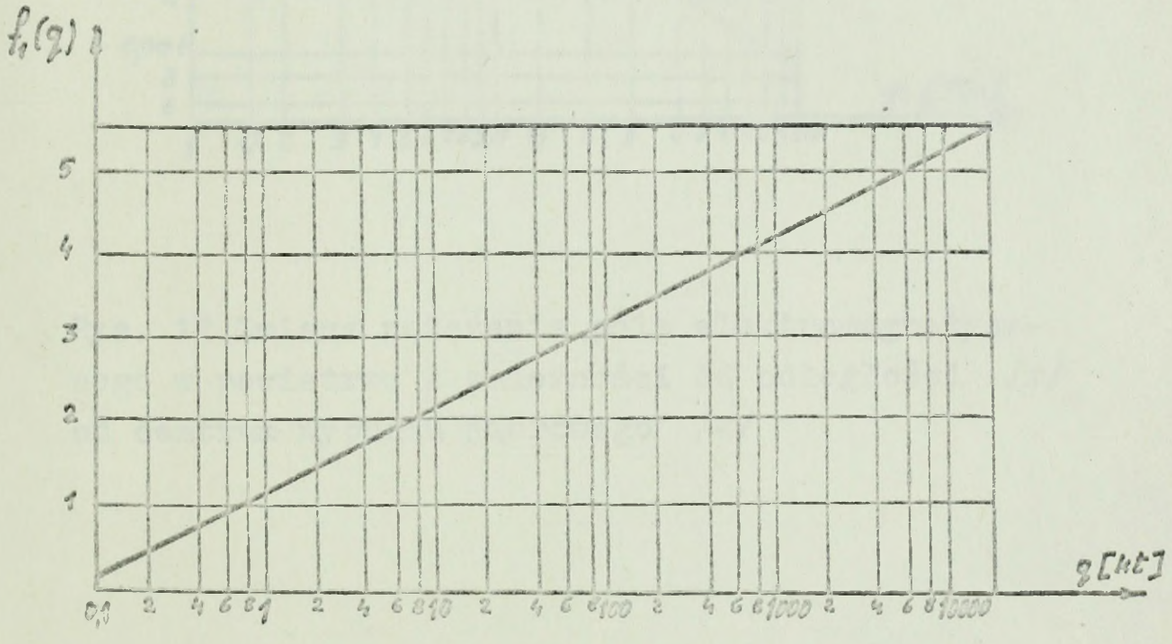
Wzór /9/ jest słuszny dla naziemnego wybuchu jądrowego na odległościach od 0,15 do 5km od centrum wybuchu i dla powietrznego wybuchu dla 0,3 H 2,5km, na odległościach od 0,55 do 5km od centrum wybuchu przy mocach wybuchu od 0,1kt do 20 Mt.



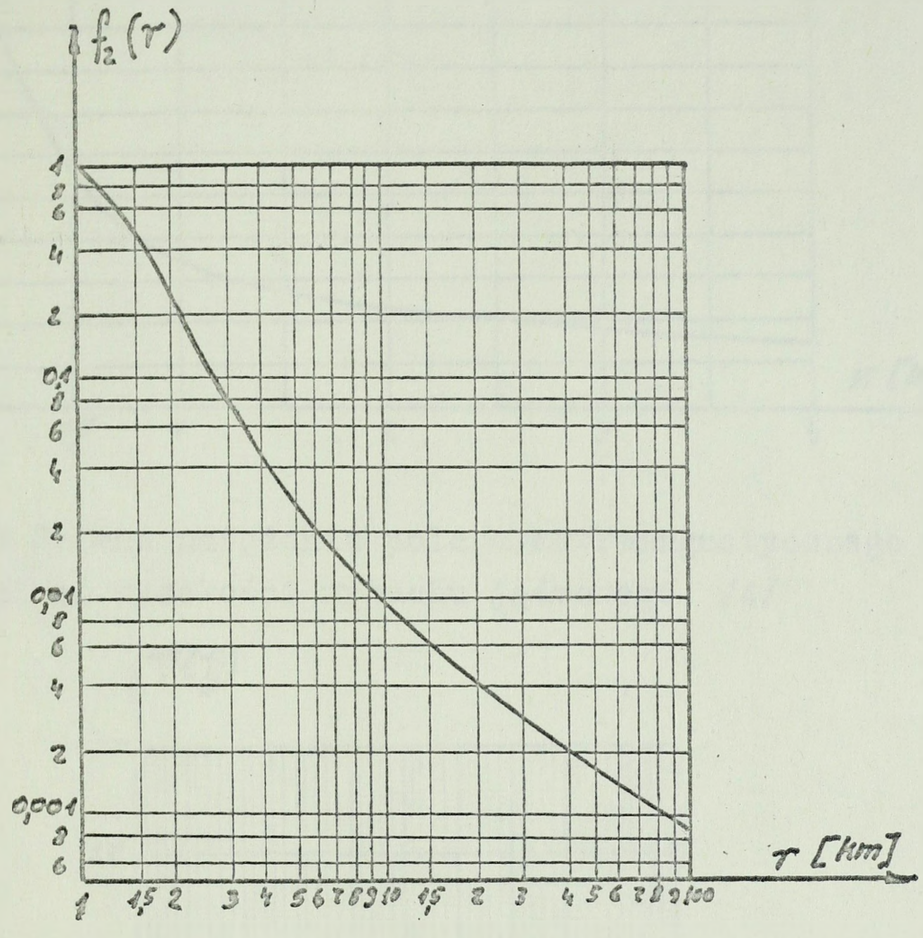
Rys. 9 Typowy kształt impulsu elektromagnetycznego w powietrzu na różnej odległości od centrum wybuchu /4 str. 455/
a/- od 1 do 6 km;
b/- od 6 do 100 km.



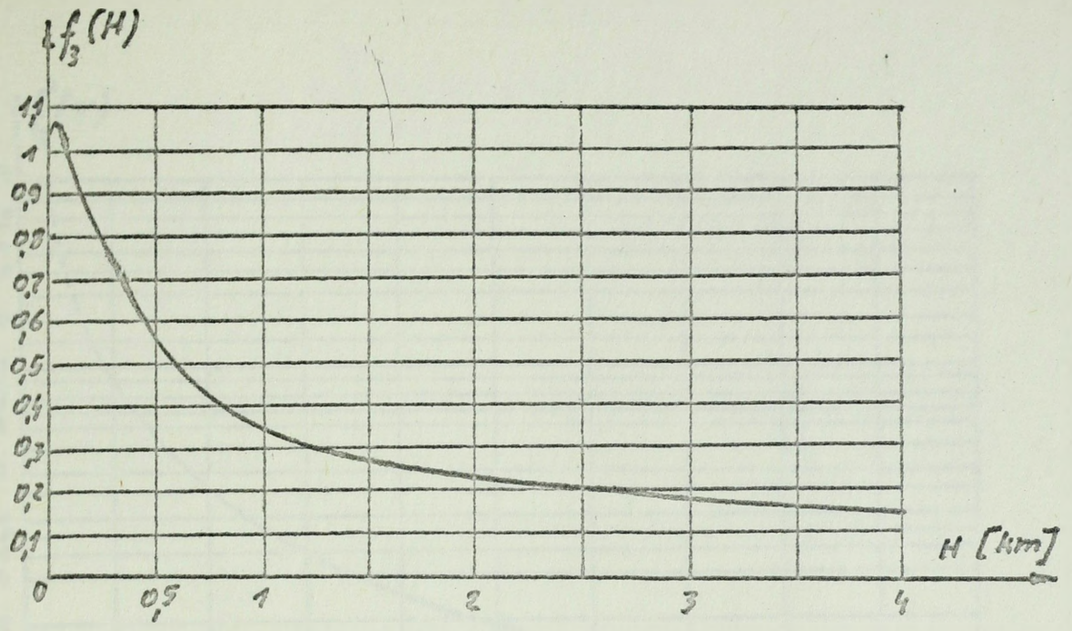
Rys. 10 Zależność parametru δ od mocy wybuchu jądrowego /4/



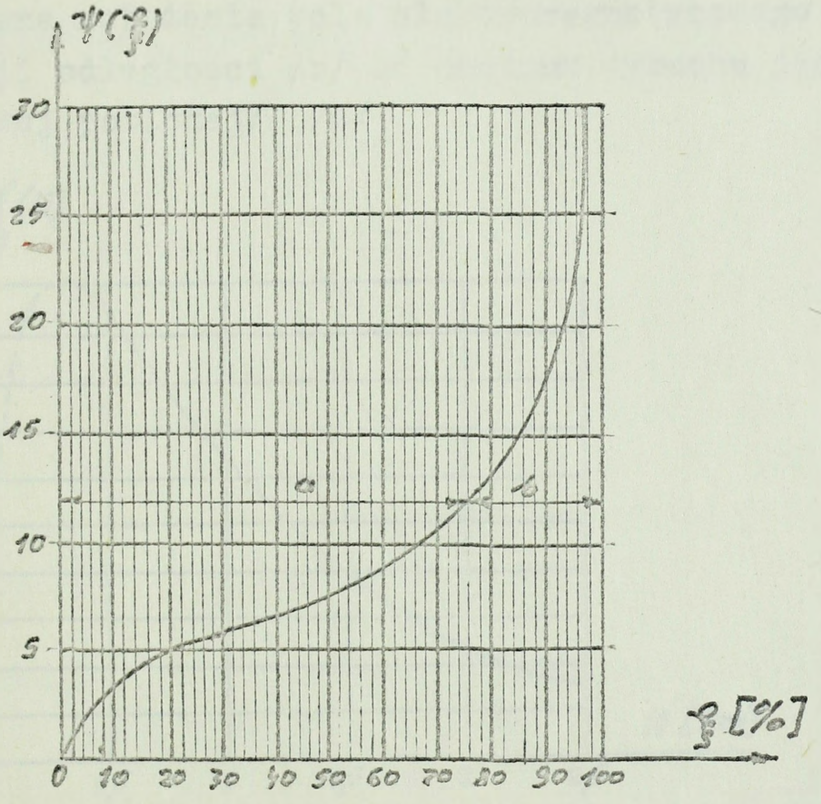
Rys. 11 Zmiana natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu i gruncie w zależności od mocy wybuchu /4/



Rys. 12 Zmiana natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu w zależności od odległości /r/ od centrum wybuchu jądrowego /4/



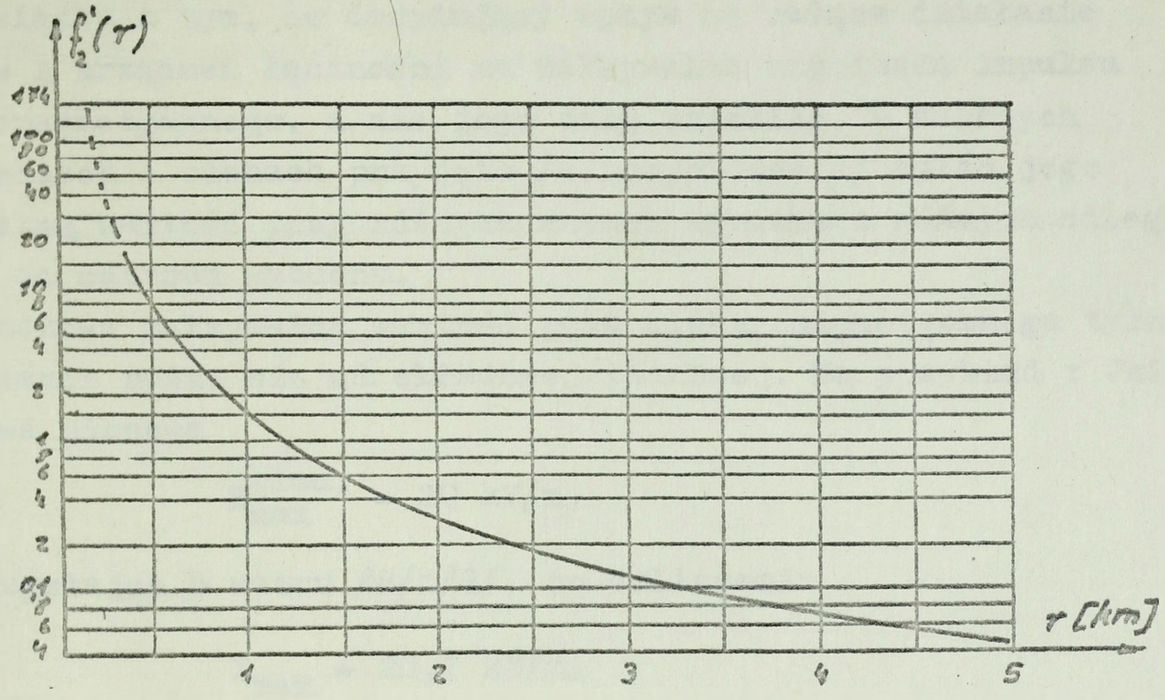
Rys. 13 Zmiana natężenia pola elektromagnetycznego w zależności od wysokości wybuchu jądrowego /4/



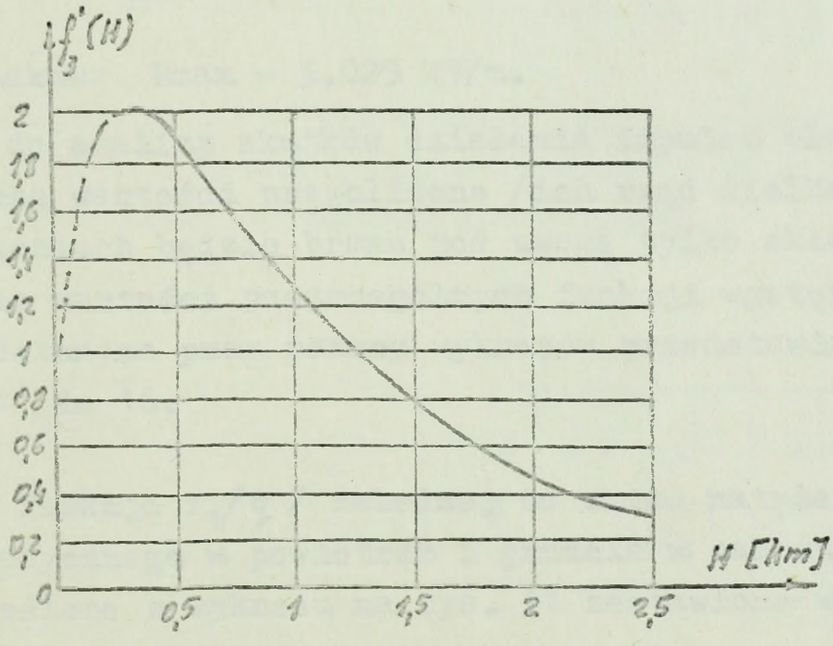
Rys. 14 Funkcja uzależniona od przyjętego stopnia dokładności obliczonych rezultatów:

a - procent wybuchów, kiedy faktyczna wielkość nie przewyższa obliczonych wartości;

b - procent wybuchów, kiedy faktyczna wielkość przewyższa obliczone wartości /4/.



Rys. 15 Zmiana natężenia pola elektromagnetycznego w gruncie w funkcji odległości /r/ od centrum wybuchu jądrowego /dla składowej poziomej/ /4/



Rys. 16 Zmiana natężenia pola elektromagnetycznego w gruncie w zależności od wysokości wybuchu jądrowego /H/, /dla składowej poziomej/ /4/

3.2.5.3 Obliczenia maksymalnego natężenia pola elektromagnetycznego podczas wybuchów neutronowych

W związku z tym, że decydujący wpływ na rażące działanie środków i urządzeń łączności ma maksymalna amplituda impulsu elektromagnetycznego, a nie jego cały przebieg, w dalszych obliczeniach i ocenach przyjęto /w przybliżeniu/ tylko jego maksymalną wartość przy różnych mocach wybuchu i różnych odległościach od centrum wybuchu.

Wypadkowa maksymalna wartość pola elektromagnetycznego tylko nieznacznie różni się od składowej pionowej. Na przykład : Jeżeli składowa pionowa

$$E_{max}^{pion.} = 20 \text{ kV/m},$$

to korzystając z wzoru /8/i/9/, po obliczeniu

$$E_{max} = 20,1 \text{ kV/m},$$

natomiast dla składowej poziomowej

$$E_{max}^{pion.} = 5 \text{ kV/m},$$

wartość wypadkowa Emax = 5,025 kV/m.

Ponieważ do analizy skutków działania impulsu elektromagnetycznego wystarczą wartości przybliżone /ich rząd wielkości/, w dalszych obliczeniach będzie brana pod uwagę tylko składowa pionowa.

Określenie wartości poszczególnych funkcji występujących we wzorze /4/ dokonano przy pomocy wykresów przedstawionych na rysunkach od 11 do 16.

Wartości funkcji $f_1/\varrho/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu i gruncie w zależności od mocy wybuchu określone z wykresu na rys. 11 zestawione w tabeli 9.

Tabela 9

/kt/	0,1	0,2	0,5	1	2	3	5	6	7	8	10
$f_1/\varrho/$	0,2	0,5	0,8	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2

Wartości funkcji $f_2/r/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu, w zależności od odległości od centrum wybuchu określone z wyknesu na rys. 12 zestawione w tabeli 10.

Tabela 10

r/km/	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2	2,25	2,5
$f_2/r/$	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15
r/km/	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
$f_2/r/$	0,1	0,07	0,05	0,04	0,03	0,025	0,018	0,015	0,013
r/km/	10	15	20	25	30	35	40	50	100
$f_2/r/ \cdot 10^{-3}$	10	7	4,5	3,5	3	2,5	2,1	1,7	1,9

Wartości funkcji $f_3/H/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w zależności od wysokości wybuchu, określone z wyknesem na rysunku 13 zestawione w tabeli 11.

Tabela 11

H/m/	0	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000
$f_3/H/$	1	1,05	0,95	0,9	0,85	0,75	0,70	0,65	0,60	0,58	0,35

Wartości funkcji / / uzależnionej od przyjętego stopnia dokładności obliczonych rezultatów , określone z wykresu na rys. 14 w tabeli 12

Tabela 12

/%/	98	95	94	92	90	85	80	75	70					
/ /	30	22	20	18	17	14	13	12	11					

Korzystając z zestawionych w tabelach 9 do 12 wartości funkcji występujących we wzorze /4/ można obliczyć maksymalne wartości amplitudy impulsu elektromagnetycznego na różnych odległościach od centrum wybuchu, przy różnych mocach i wysokościach.

Przytoczone wzory, od /1/ do /8/ oraz metoda obliczeniowa może służyć do obliczenia maksymalnej amplitudy impulsu elektromagnetycznego dla wybuchów naziemnych i powietrznych zarówno atomowych jak i neutronowych, gdyż we wszystkich przypadkach około 1% energii wybuchu przypada na impuls elektromagnetyczny.

Wartości funkcji $f'_2/r/$ zależnej od zmian składowej poziomej natężenia pola elektromagnetycznego w gruncie, w zależności od odległości od centrum wybuchu, określone z wykresu na rys. 15 zestawiono w tabeli 13.

Tabela 13

r/km/	0,5	0,7	1	1,2	1,3	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$f'_2/r/$	8	3,5	1,5	1	0,9	0,6	0,3	0,2	0,15	0,1	0,07	0,06	0,05

Wartości funkcji $f'_3/H/$ zależnej od zmian składowej poziomej natężenia pola elektromagnetycznego w gruncie, w zależności od wysokości wybuchu, określone z wykresu na rysunku 16 zestawione w tabeli 14

Tabela 14

H/km/	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	1	1,5
$f'_3/H/$	1	1,6	1,8	1,9	1,95	1,98	2	1,98	1,95	1,9	1,3	0,8

Korzystając z zestawionych w tabelach 13 i 14 wartości funkcji występujących we wzorze /10/ można obliczyć przy pomocy tego wzoru maksymalną amplitudę składowej poziomej natężenia pola elektromagnetycznego występującego w gruncie po wybuchu neutronowym.

Analiza wpływu wysokości wybuchu neutronowego na wielkość maksymalnej amplitudy impulsu elektromagnetycznego

Obliczenia maksymalnej amplitudy impulsu elektromagnetycznego E_{max} po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, na różnych wysokościach, przy założeniu, że przy 95% wybuchów maksymalna amplituda impulsu przy różnych odległościach od centrum wybuchu nie przewyższy obliczonej wartości $[\Psi/\xi/ = 22]$.

Obliczeń dokonano przy pomocy wzoru /4/

$$E_{max} = 600\,\Psi/\xi/\cdot f_1/q/\cdot f_3/H/\cdot f_2/r/ \qquad [\ V/m\ ]$$

Podstawiając wartości poszczególnych funkcji wziętych z tabel od 9 do 12, obliczono maksymalne natężenie pola elektromagnetycznego przy wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, na wysokościach od 0 do 1000 m dla odległości do 10 km od centrum wybuchu. Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 15.

Przykład oblic[illegible] dla: $q = 1kt$, $\Psi/\xi/ = 22$, $H = 0$, $r = 1km$

$E_{max} = 600 \cdot 2[illegible]2 \cdot 1 \cdot 1 = 15900$ V/m.

Z zestawionych w tabeli 15 wyników obliczeń oraz z wykresów przedstawionych na rys. 17 wynikają następujące wnioski:

1. Ze wzrostem wysokości wybuchów neutronowych wartość amplitudy impulsu elektromagnetycznego maleje;

2. Największe natężenie pola elektromagnetycznego występuje na powierzchni ziemi i w bezpośredniej jej bliskości, przy wybuchu na wysokości do 100 m;

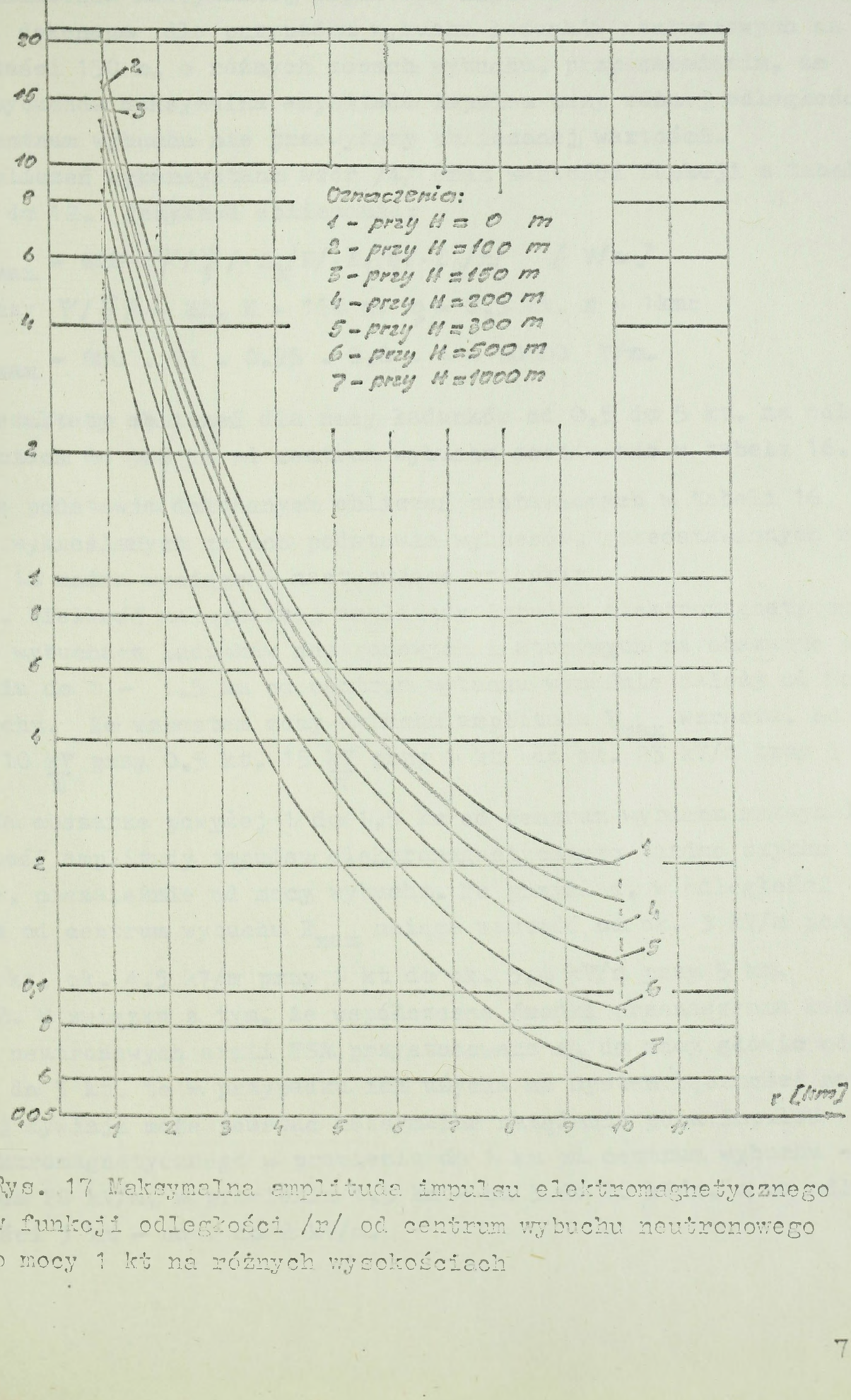
3. Maksymalna wartość amplitudy impulsu wynosi od ok. 16 kV/m przy wybuchu na powierzchni ziemi, do ok. 17 kV/m - na wysokości 100 m i ok. 5,5 kV/m przy wybuchu na wysokości 1000 m.

4. Przy wybuchach na wysokości 150 m, przy których osiąga się największą skuteczność rażenia strumieniem neutronów, maksymalna wartość amplitudy impulsu wynosi od ok. 15 kV/m na odległościach do 1km, ok. 7,6 kV/m w odległości 1,5 km i ok. 1,5 kV/m w odległości 3 km od centrum wybuchu.

Tabela 15

Maksymalne natężenie pola elektromagnetycznego E_{max} [kV/m] podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na różnych wysokościach

r /km/		1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2	2,25	2,5	3	4	5	6	8	10
f/r/		1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,05	0,03	0,025	0,015	0,01
E_{max} [kV/m]	H= 0 /m/	15,9	12,6	11,1	9,6	8,0	6,4	4,8	3,2	2,4	1,6	0,8	0,48	0,4	0,25	0,16
	H=100 /m/	16,7	13,4	11,7	10,0	8,4	6,7	5,1	3,4	2,5	1,8	0,9	0,5	0,43	0,26	0,18
	H=150 /m/	15,1	12,1	10,6	9,1	7,6	6,0	4,6	3,0	2,3	1,5	0,8	0,46	0,4	0,24	0,15
	H=200 /m/	14,3	11,4	10,0	8,6	7,2	5,7	4,3	2,9	2,2	1,4	0,7	0,44	0,35	0,22	0,14
	H=300 /m/	11,9	9,6	8,4	7,2	6,0	4,8	3,6	2,4	1,8	1,2	0,6	0,4	0,3	0,2	0,12
	H=500 /m/	9,2	7,4	6,5	5,5	4,6	3,7	2,8	1,9	1,4	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,09
	H=1000 /m/	5,6	4,5	3,9	3,4	2,8	2,2	1,7	1,1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	0,09	0,06



Rys. 17 Maksymalna amplituda impulsu elektromagnetycznego w funkcji odległości /r/ od centrum wybuchu neutronowego o mocy 1 kt na różnych wysokościach

Analiza wpływu mocy wybuchu na wielkość amplitudy impulsu elektromagnetycznego

Obliczenia maksymalnej amplitudy impulsu elektromagnetycznego E_{max}, dokonano dla przypadku wybuchu ładunków neutronowych na wysokości 150 m, o różnych mocach wybuchu, przy założeniu, że 95% wybuchów maksymalna amplituda impulsu przy różnej odległości od centrum wybuchu nie przewyższy obliczonej wartości.
Do obliczeń wykorzystano wzór /4/ oraz wartości funkcji z tabel od 9 do 12. Przykład obliczania:

$$E_{max} = 600\ \Psi/\beta/ \cdot f_3/H/ \cdot f_1/q/ \cdot f_2/r/ \quad [\ V/m\ ]$$

przy $\Psi/\beta/ = 22$, $H = 150$ m, $q = 0{,}5$ kt, $r = 1$km;

$$E_{max} = 600 \cdot 22 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 10100 \ \ V/m.$$

Rezultaty obliczeń dla mocy ładunków od 0,5 do 5 kt, na odległościach do 100 km od centrum wybuchu zestawiono w tabeli 16.

Na podstawie dokonanych obliczeń zestawionych w tabeli 16 oraz wykreślonych na ich podstawie wykresów, przedstawionych na rys. 18 można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Wielkość maksymalnej amplitudy impulsu elektromagnetycznego przy wybuchach ładunków neutronowych i atomowych na obszarze o promieniu do 1 - 1,5 km od centrum wybuchu wyraźnie zależy od mocy wybuchu. Ze wzrostem mocy wybuchu amplituda E_{max} wzrasta, od ok. 10 $\frac{kV}{m}$ przy 0,5 kt, 15 $\frac{kV}{m}$ przy 1 kt do ok. 23 kV/m przy 5 kt.

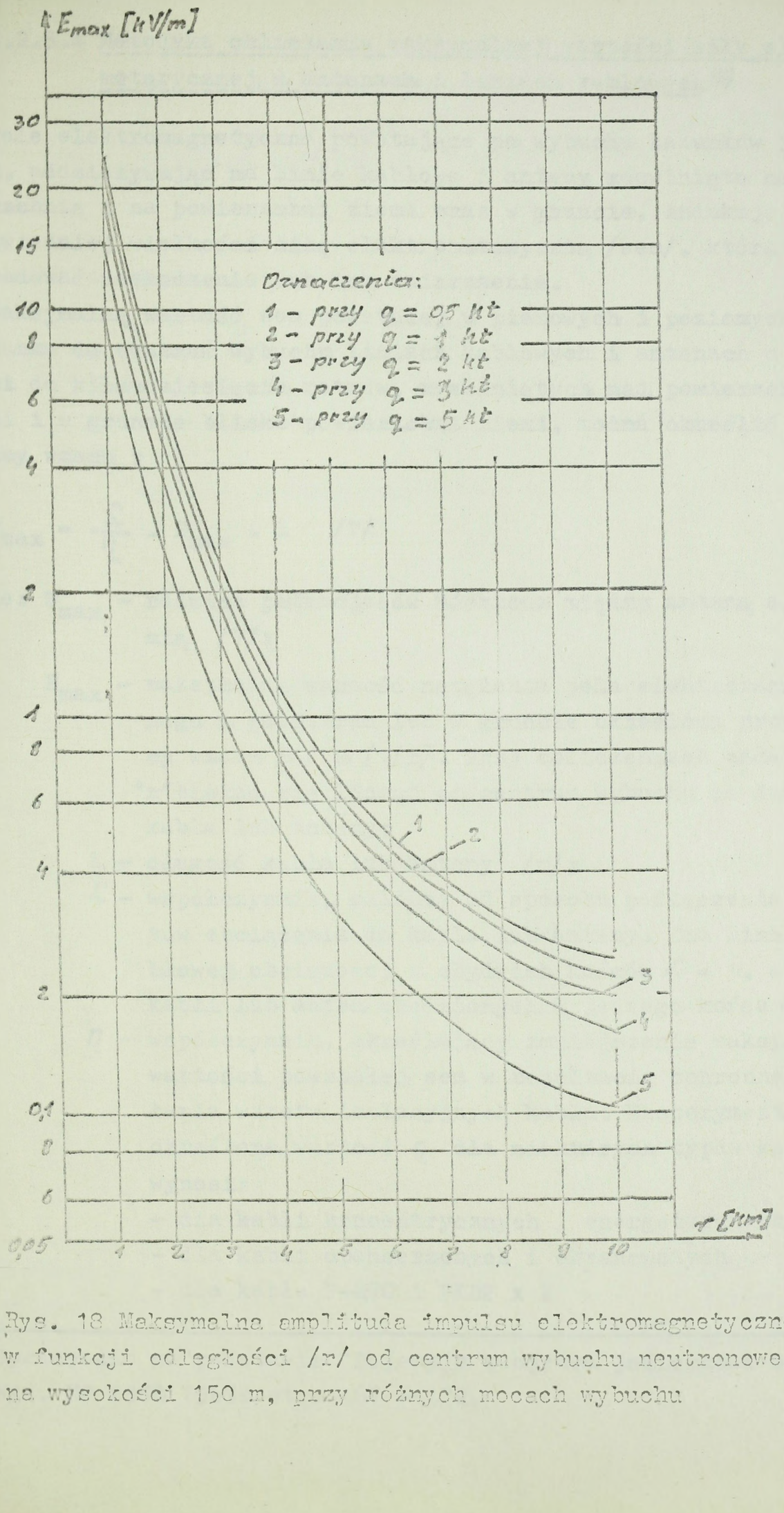
Na obszarze powyżej 1 do 1,5 km od centrum wybuchu maksymalna wartość amplitudy impulsu elektromagnetycznego bardzo szybko maleje, niezależnie od mocy wybuchu. Na przykład, w odległości 2 km od centrum wybuchu E_{max} osiąga wartość od ok. 3 kV/m przy 0,5 kt, ok. 4,5 kV/m przy 1 kt do ok. 3,4 kV/m przy 5 kt.

2. W związku z tym, że współczesne środki przenoszenia ładunków neutronowych armii USA przystosowane są do mocy głowic od 0,4 do 3 kt, to w przypadku ich użycia na system łączności naszej dywizji może powstać maksymalne natężenie pola impulsu elektromagnetycznego w promieniu do 1 km od centrum wybuchu - od 10 do 20 kV/m, w promieniu 1,5 km - od 5 do 10 kV/m, a na odległości 3 km - od 1 do 2 kV/m.

Tabela 16

Maksymalne natężenie pola elektromagnetycznego E_{max} [kV/m] podczas wybuchu ładunków neutronowych o różnych mocach na wysokości 150 m

r /km/		1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2	2,25	2,5	3	4	5	6	8	10
f_2/r/		1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,05	0,03	0,025	0,015	0,01
E_{max} / kV/m /	q=0,5 /kt/	10,1	10,0	7,1	6,1	5,1	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,25	0,15	0,1
	q= 1 /kt/	15,1	12,1	10,6	9,1	7,6	6,0	4,6	3,0	2,3	1,5	0,8	0,4	0,35	0,2	0,15
	q= 2 /kt/	17,6	14,1	12,4	10,6	8,8	7,1	5,3	3,5	2,7	1,8	0,9	0,5	0,44	0,25	0,2
	q= 3 /kt/	20,2	16,1	14,1	12,1	10,1	8,1	6,1	4,0	3,0	2,0	1,0	0,6	0,5	0,35	0,25
	q= 5 /kt/	22,7	18,2	15,9	13,6	11,3	9,1	6,8	4,4	3,4	2,3	1,1	0,7	0,6	0,4	0,3



Rys. 18 Maksymalna amplituda impulsu elektromagnetycznego w funkcji odległości /r/ od centrum wybuchu neutronowego na wysokości 150 m, przy różnych mocach wybuchu

3.2.5.4 Metodyka obliczania maksymalnej wartości siły elektromotorycznej w antenach i liniach kablowych*)

Pole elektromagnetyczne powstające po wybuchu ładunków jądrowych, oddziaływując na linie kablowe i anteny rozwinięte nad powierzchnią i na powierzchni ziemi oraz w gruncie, indukuje w nich odpowiedniej wielkości siłę elektromotoryczną /sem/, która może spowodować uszkodzenie lub ich zniszczenie.

Maksymalną wartość sem powstałej w pionowych i poziomych w stosunku do centrum wybuchu liniach kablowych i antenach o długości do kilkudziesięciu metrów, rozwiniętych nad powierzchnią ziemi i w gruncie blisko powierzchni ziemi, można określić przy pomocy wzoru :

$$U_{max} = \frac{\mathcal{L}}{\eta} \cdot E_{max} \cdot l \quad /V/ \qquad /13/$$

gdzie: U_{max} – różnica potencjałów mierzona między anteną a ziemią /V/;

E_{max} – maksymalna wartość natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu lub w gruncie określona przy pomocy wzoru /4/ w /V/m/. Przy obliczeniach oddalenie "r" bierze się licząc od centrum wybuchu do środka kabla lub anteny;

l – długość kabla lub anteny /m/;

$\mathcal{L}$ – współczynnik, zależny od sposobu podłączenia elementów obciążenia do kabla lub anteny. Dla linii kablowej obciążonej z obydwóch końców $\mathcal{L} = 1$, a dla kabli lub anten obciążonych z jednego końca $\mathcal{L} = 0,5$;

η – współczynnik, określający zmniejszenie maksymalnej wartości powstałej sem w rezultacie ochronnego działania warstw izolacyjnych kabla. Eksperymentalnie określona wartość η dla niektórych typów kabli wynosi:

- dla kabli koncentrycznych i energetycznych $\eta = 30$,
- dla kabli opancerzonych i ekranowanych . . $\eta = 10$,
- dla kabla P-270 i PKD2 x 2 . . . . . $\eta = 2,5$,

---

*) Opracowano na podstawie "Bojewyje swojstwa jadiernowo orużja" Wyd. MO SSSR 1967r str. 467 – 472.

- dla kabli bez ekranu . . . . . $\eta = 1$.

Dla innych kabli współczynnik η przyjmuje się równy współczynnikowi kabla, mającego najbardziej zbliżoną konstrukcję ekranujących warstw izolacyjnych.

Maksymalna wartość sem powstała w linii dwuprzewodowej /napowietrznej/ określa się wzorem

$$U'_{max} = U_{max} \cdot \frac{\Delta C}{C} \quad /V/ \qquad /14/$$

gdzie: U_{max} - maksymalna wartość sem obliczona przy pomocy wzoru /13/;

C - średnia wartość pojemności przewodów w stosunku do ziemi;

$\Delta C = |C_2 - C_1|$ - różnica pojemności przewodów w stosunku do ziemi.

Maksymalną wartość sem zaindukowanej w kablach ułożonych na powierzchni ziemi, nad jej powierzchnią na wysokości do 10 m oraz w kablach, ułożonych w gruncie określa się wzorem

$$U_{max} = 10^3 \Psi / \xi / \cdot \frac{\xi}{\eta} \cdot f_1 / \varrho / \cdot f_3 / H / \cdot f_4 / r_1, r_2 / \quad /V/ \qquad /15/$$

gdzie: U_{max} - różnica potencjałów mierzona między początkiem i końcem kabla;

$f_4 / r_1, r_2 /$ - funkcja, określająca oddalenie kabla od centrum wybuchu.

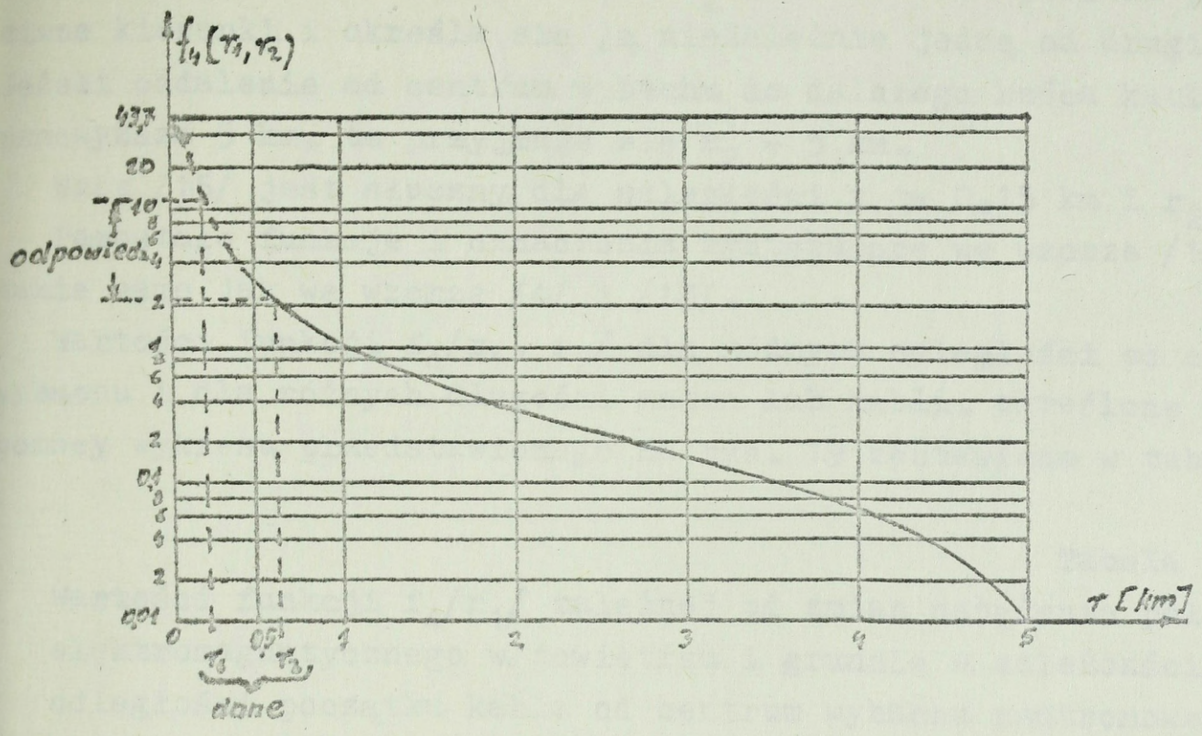
Funkcję $f_4 / r_1, r_2 /$ określa się przy pomocy wzoru

$$f_4 / r_1, r_2 / = 0{,}25 \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right) + \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \qquad /16/$$

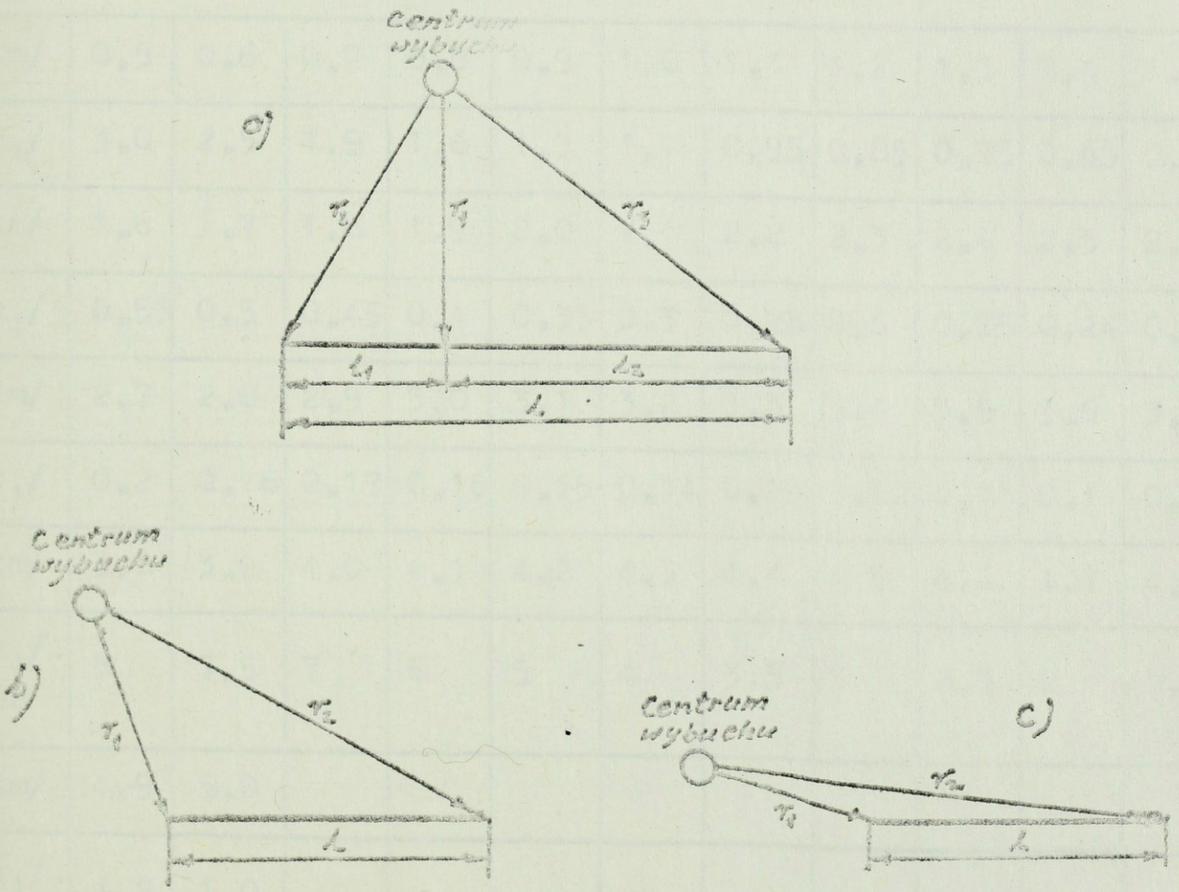
gdzie r_1 i r_2 - oddalenia od centrum wybuchu do bliższego i dalszego końca kabla /km/. /graficznie obrazuje to rys. 20/.

Funkcję $f_4 / r_1, r_2 /$ można również określić przy pomocy wykresu przedstawionego na rys. 19.

Jeżeli linia kablowa ułożona jest w stosunku do centrum wybuchu tak jak to przedstawia rys. 20a, to r_1 przyjmuje się równe najkrótszemu oddaleniu od centrum wybuchu do linii kablowej.



Rys. 19 Przykład graficznego określenia funkcji $f_4/r_1, r_2/$



Rys. 20 Warianty położenia kabli w stosunku do centrum wybuchu jądrowego /do wzoru 15/

przy czym w odcinkach kabla l_1 i l_2 powstała sem posiada przeciwne kierunki i określa się ją niezależnie jedną od drugiej. Jeżeli oddalenie od centrum wybuchu do dalszego końca kabla przewyższa 5 km, to przyjmuje się $r_2 = 5$ km.

Wzór /15/ jest słuszny dla odległości $r_1 \geq 0{,}15$ km i $r_2 \leq 5$ km.

Pozostałe funkcje i oznaczenia występujące we wzorze /15/ są takie same jak we wzorze /4/ i /13/.

Wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ dla różnych odległości od centrum wybuchu i dla różnych długości anten lub kabli, określone przy pomocy wykresu przedstawionego na rys. 19 zestawiono w tabeli 17.

Tabela 17

Wartości funkcji $f_4/r_1/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu i gruncie w zależności od odległości początku kabla od centrum wybuchu neutronowego określone przy pomocy wykresu przedstawionego na rys. 19

r_1/km/	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$f_4/r_1/$	3,0	2,5	1,9	1,6	1,3	1,1	0,95	0,85	0,75	0,65	0,6
r_1/km/	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$f_4/r_1/$	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,28	0,6	0,25	0,24	0,22
r_1/km/	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
$f_4/r_1/$	0,2	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09
r_1/km/	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
$f_4/r_1/ \cdot 10^{-2}$	8	7,5	7	6	5	4	3,5	3	2,5	2	1,5
r_1/km/	4,9	5,0									
$f_4/r_1/ \cdot 10^{-2}$	1,2	1,0									

Tabela 18

Wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu i gruncie, w zależności od odległości początku $/r_1/$ i końca $/r_2/$ kabla od centrum wybuchu neutronowego, określone przy pomocy wykresu na rys. 19

r_1 /km/	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
r_2 /km/ l= 100 m	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6
$f_4/r_1, r_2/$	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,08	0,07	0,03	0,02	0,01	0,009	0,008	0,005
r_2 /km/ l= 200 m	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7
$f_4/r_1, r_2/$	1,1	0,9	0,6	0,5	0,4	0,25	0,17	0,12	0,1	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01	0,009
r_2 /km/ l= 300 m	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8
$f_4/r_1, r_2/$	1,5	1,2	0,8	0,65	0,45	0,35	0,25	0,2	0,16	0,1	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02
r_2 /km/ l= 400 m	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9
$f_4/r_1, r_2/$	1,8	1,4	0,95	0,75	0,55	0,45	0,3	0,25	0,18	0,12	0,09	0,08	0,06	0,04	0,03
r_2 /km/ l= 500 m	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$f_4/r_1, r_2/$	2,0	1,55	1,05	0,85	0,65	0,5	0,35	0,3	0,25	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04
r_2 /km/ l= 800 m	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	
$f_4/r_1, r_2/$	2,3	1,85	1,3	1,15	0,8	0,65	0,5	0,4	0,33	0,2	0,15	0,09	0,07	0,06	
r_2 /km/ l= 1000 m	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
$f_4/r_1, r_2/$	2,45	1,95	1,4	1,2	0,9	0,75	0,6	0,5	0,36	0,25	0,2	0,1	0,08	0,07	
r_2 /km/ l= 2000 m	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	4,0	4,5	5,0			
$f_4/r_1, r_2/$	2,75	2,25	1,7	1,42	1,13	0,94	0,72	0,65	0,5	0,3	0,25	0,2			
r_2 /km/ l= 3000 m	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,3	4,5	5,0					
$f_4/r_1, r_2/$	2,89	2,4	1,81	1,52	1,23	1,03	0,8	0,71	0,57	0,34					
r_2 /km/ l= 4000 m	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0									
$f_4/r_1, r_2/$	2,97	2,48	1,88	1,59	1,29	1,09									
r_2 /km/ l= 4500 m	5,0														
$f_4/r_1, r_2/$	2,99														

Wartość funkcji $f_4/r_1, r_2/$ zależnej od zmian natężenia pola elektromagnetycznego w powietrzu i gruncie w zależności od odległości początku $/r_1/$ i końca $/r_2/$ kabla od centrum wybuchu stanowi różnicę pomiędzy wartościami tych funkcji dla r_1 i r_2

$$f_4/r_1, r_2/ = f_4/r_1/ - f_4/r_2/ \qquad /17/$$

Wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ dla różnej długości kabla, określone przy pomocy tabeli 17 i wykresu przedstawionego na rys. 19 zestawiono w tabeli 18. Wykres na rys. 19 umożliwia określenie wartości funkcji dla odległości od centrum wybuchu do 5 km. Wartości r_2 określono dla przypadku, kiedy centrum wybuchu znajduje się z boku, na przedłużeniu kabla /rys. 20c/.

3.2.5.5 Obliczenia maksymalnej wartości sem zaindukowanej w antenach i liniach kablowych podczas wybuchów neutronowych

Obliczenie maksymalnej wartości sem zaindukowanej w antenach prętowych po wybuchu neutronowym o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m.

Anteny prętowe /nadawczo-odbiorcze/ wykorzystywane w wojskowych środkach radioelektronicznych, posiadają wysokość od 0,5 do 4 m. Są one instalowane bezpośrednio na środku radioelektronicznym /radiowym, radioliniowym lub radiotelefonicznym/, na nadwoziu pojazdu lub na maszcie.

Anteny instalowane na masztach antenowych łączone są z urządzeniami wejściowymi /wyjściowymi/ danego środka łączności za pomocą kabli koncentrycznych. W warunkach polowych, typowe kable koncentryczne posiadają najczęściej długość od kilku do dwudziestu metrów.

Po wybuchu neutronowym, pod wpływem powstałego pola elektromagnetycznego, zarówno w antenach jak i w łączących je z urządzeniem radioelektronicznym kablach koncentrycznych /zwanych fiderami/ zaindukuje się sem, której maksymalną wartość można obliczyć przy pomocy wzoru /13/.

$$U_{max} = \frac{\ell}{\eta} \cdot E_{max} \cdot 1 \qquad /V/$$

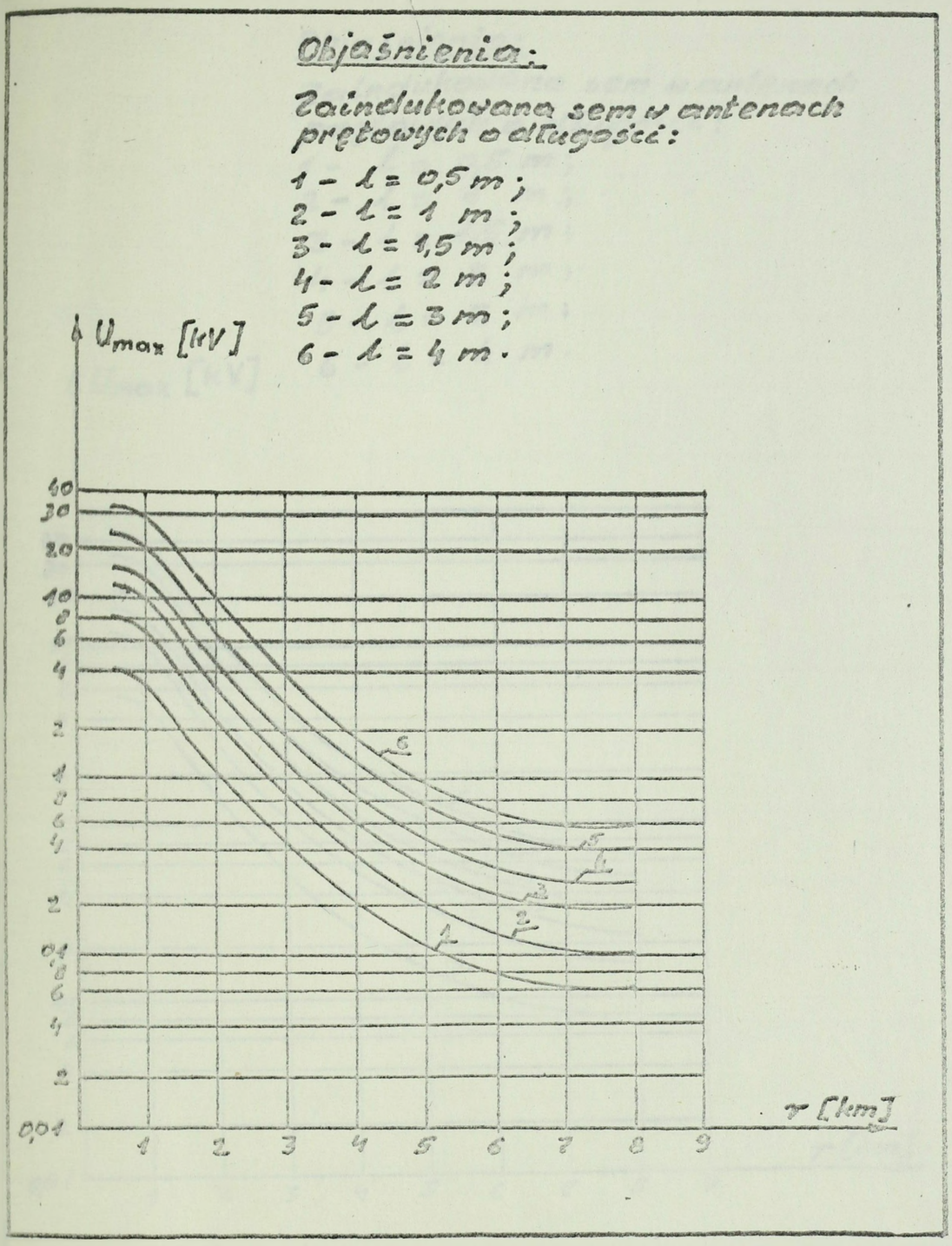
Podstawiając wartości współczynników przyjmowanych dla anten

Tabela 19

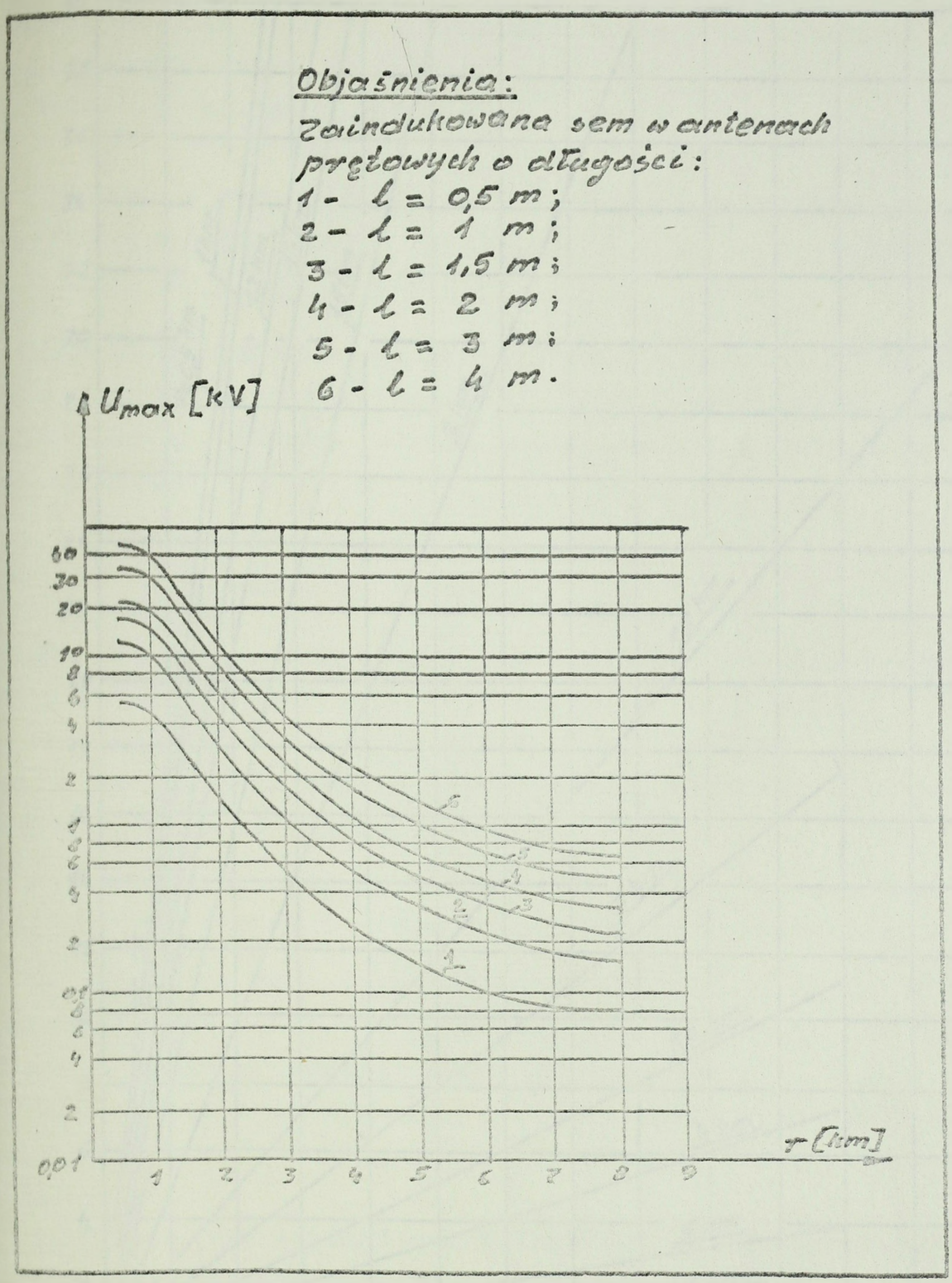
Maksymalna wartość sem zaindukowanej w antenach prętowych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

$$U_{max} = 0,5 \cdot E_{max} \cdot l \quad /kV/$$

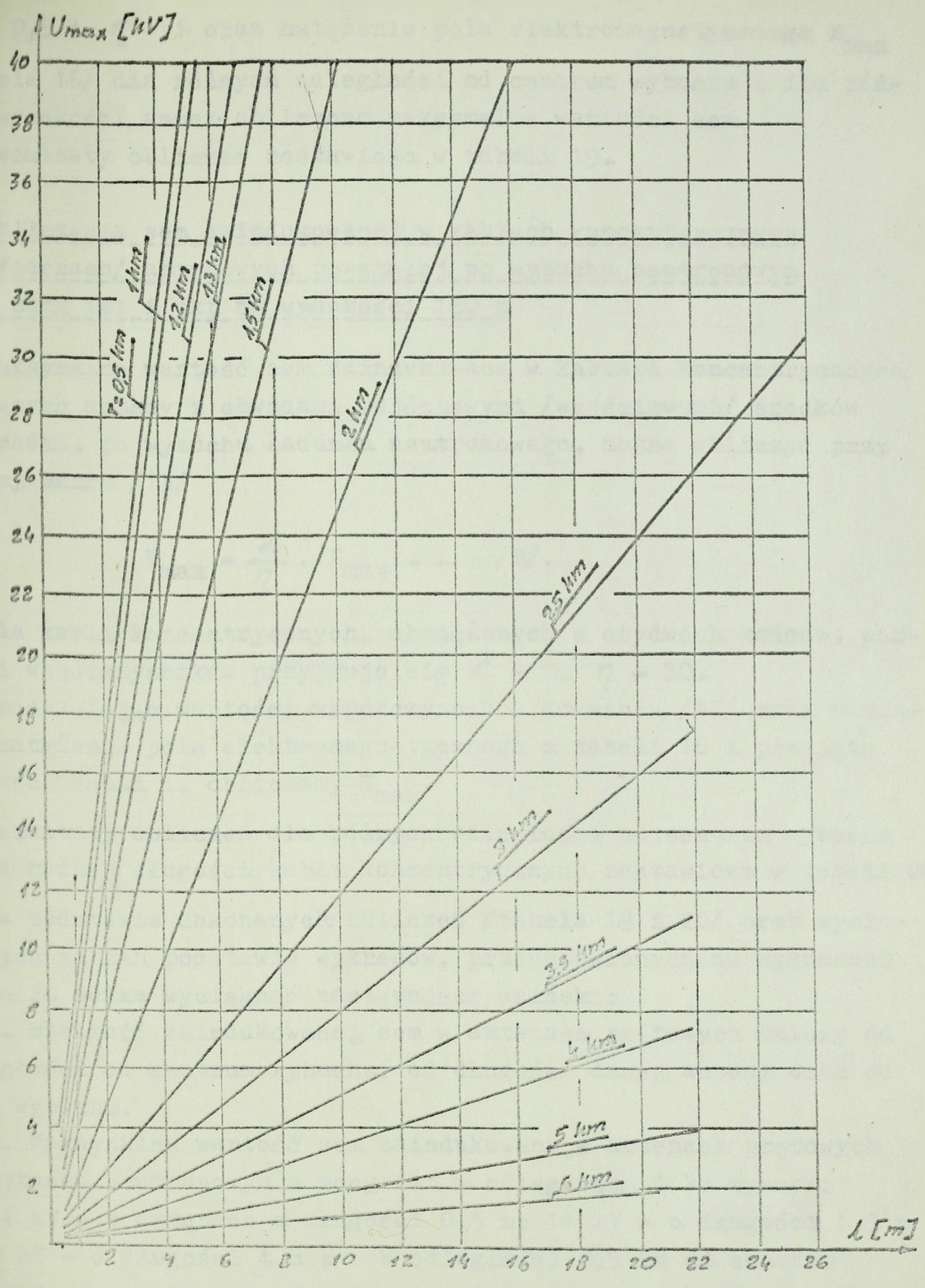
r /km/	0,5	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
	przy q = 1kt									
E_{max} /kV/m/	16,0	15,1	12,1	10,6	7,5	4,5	2,3	1,5	0,8	0,5
Dług. ant./sem	U_{max} /kV/									
0,5 m	4,0	3,8	3,0	2,6	1,9	1,1	0,6	0,4	0,2	0,1
1 m	8,0	7,5	6,0	5,3	3,8	2,3	1,2	0,8	0,4	0,2
1,5 m	12,0	11,3	9,1	7,9	5,7	3,4	1,7	1,2	0,6	0,3
2 m	16,0	15,1	12,1	10,6	7,6	4,6	2,4	1,6	0,8	0,5
3 m	24,0	22,6	18,1	15,9	11,3	6,8	3,5	2,3	1,2	0,7
4 m	32,0	30,2	24,2	21,2	15,1	9,1	4,6	3,1	1,6	0,9
	przy q = 3kt									
E_{max} /kV/m/	21,0	20,2	16,1	14,1	10,1	6,1	3,0	2,0	1,0	0,6
Dług. ant./sem	U_{max} /kV/									
0,5 m	5,2	5,0	4,0	3,5	2,5	1,5	0,8	0,5	0,2	0,1
1 m	10,5	10,1	8,1	7,1	5,0	3,0	1,5	1,0	0,5	0,3
1,5 m	15,7	15,1	12,1	10,6	7,6	4,5	2,3	1,5	0,8	0,4
2 m	21,0	20,2	16,1	14,1	10,1	6,0	3,0	2,0	1,0	0,6
3 m	31,5	30,2	24,2	21,2	15,1	9,1	4,5	3,0	1,5	0,9
4 m	42,0	40,3	32,3	28,2	20,2	12,1	6,0	4,0	2,0	1,2



Rys. 21 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w antenach prętowych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, na różnych odległościach /r/ od centrum wybuchu



Rys. 22 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w antenach prętowych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 3 kt, na wysokości 150 m, na różnych odległościach /r/ od centrum wybuchu



Rys. 23 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w antenach prętowych i przewodach o długościach l, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, w różnej odległości od centrum wybuchu /r/

α = 0,5 i η = 1 oraz natężenie pola elektromagnetycznego E_{max} /tabela 16/ dla różnych odległości od centrum wybuchu i dla różnej wysokości anten obliczono maksymalne wartości sem.

Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 19.

Obliczenia sem zaindukowanej w kablach koncentrycznych /fiderach/ antenowych powstałej po wybuchu neutronowym o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

Maksymalną wartość sem zaindukowaną w kablach koncentrycznych łączących anteny z obwodami wejściowymi /wyjściowymi/ śnodków łączności, po wybuchu ładunku neutronowego, można obliczyć przy pomocy wzoru /13/

$$U_{max} = \frac{\alpha}{\eta} \cdot E_{max} \cdot l \quad /V/.$$

Dla kabli koncentrycznych, obciążonych z obydwóch końców, wartości współczynników przyjmuje się α = 1, η = 30.

Podstawiając wartości współczynników do wzoru /13/ oraz wartości natężenia pola elektromagnetycznego z tabeli 16 i przyjęte długości kabli l, obliczamy U_{max}.

Rezultaty obliczeń dla różnych odległości od centrum wybuchu i dla różnej długości kabli koncentrycznych zestawiono w tabeli 20.

Na podstawie dokonanych obliczeń /tabela 19 i 20/ oraz wykreślonych na ich podstawie wykresów, przedstawionych na rysunkach 21 do 24 można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Wielkość zaindukowanej sem w antenach prętowych zależy od odległości od centrum wybuchu, od długości danej anteny oraz od mocy wybuchu.

2. Maksymalna wartość sem zaindukowana w antenach prętowych po wybuchu neutronowym o mocy 1kt w odległości 1 km wynosi: ok. 4 kV - w antenach o długości 0,5 m; 11 kV - o długości 1,5 m i 30 kV - o długości 4 m ; W odległości 1,5 km od centrum wybuchu zaindukowana sem odpowiednio wyniesie: ok. 2 kV - dla 0,5 m ; 5,5 kV - dla 1,5 m i ok. 15 kV w antenach o długości 4 m.

3. Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 3kt , wartość zaindukowanej w antenach sem będzie około 1/3 większa

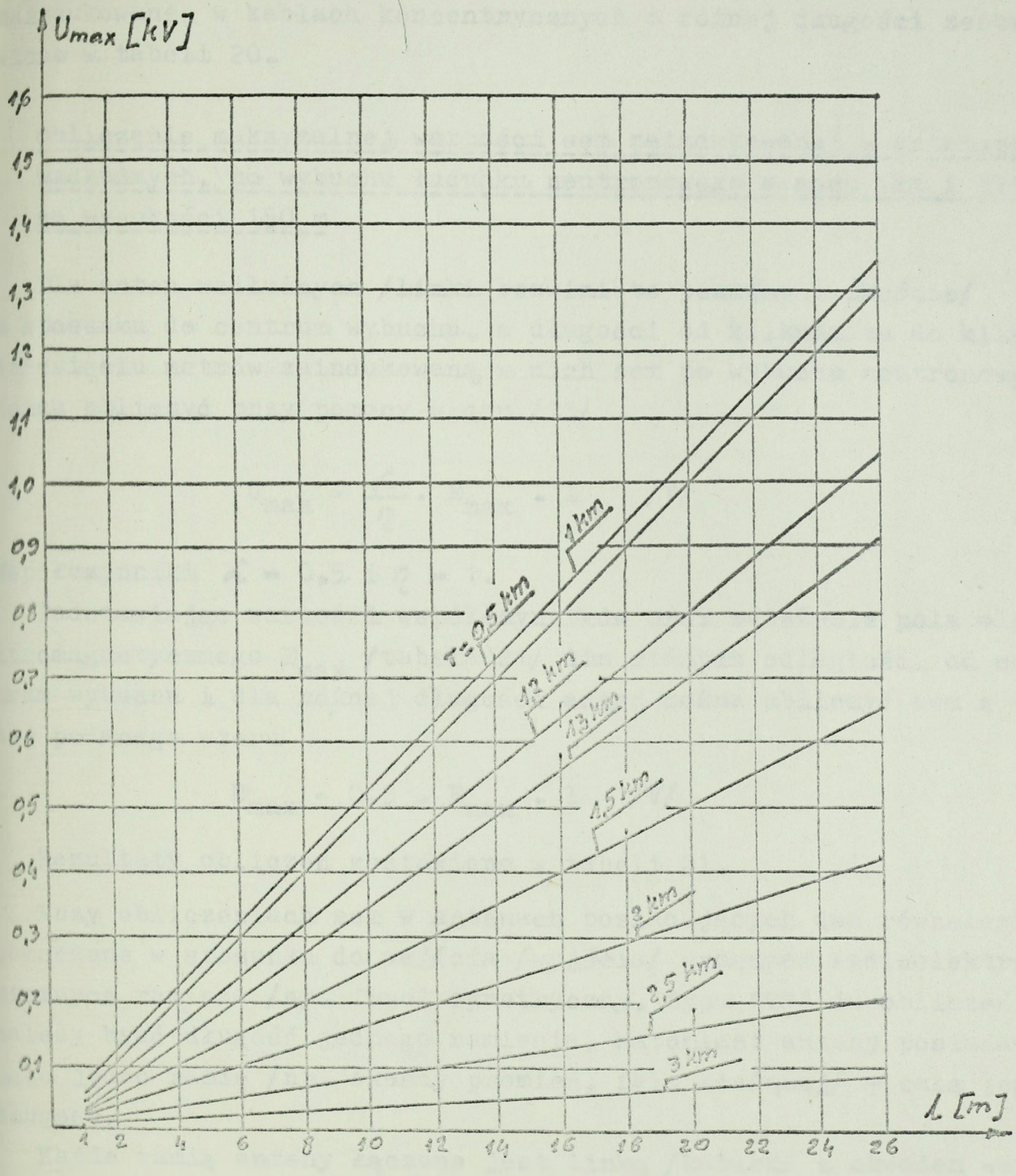
4. W przypadku rozwinięcia anteny prętowej na m[illegible] i połączenia jej z urządzeniem wejściowo-wyjściowym kab[illegible]

Tabela 20

Maksymalna wartość sem U_{max} zaindukowanej w kablach koncentrycznych /fiderach/ antenowych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

$$U_{max} = 0{,}033 \cdot E_{max} \cdot l \quad /V/$$

r /km/	0,5	1	1,2	1,3	1,5	2	2,5
przy q = 1kt							
E_{max} / V/m /	16000	15100	12100	10600	7550	4550	2300
Długość kabla /m/ \ sem	U_{max} /V/						
1 m	53	50	40	35	25	16	8
2 m	106	100	80	70	50	32	16
3 m	159	150	120	105	75	48	24
4 m	212	200	160	140	100	64	32
5 m	265	250	200	175	125	80	40
10 m	530	500	400	350	250	160	80
20 m	1060	1000	800	700	500	320	160
przy q = 3kt							
E_{max} / V/m /	21000	20160	16130	14115	10080	6050	3025
Długość kabla /m/ \ sem	U_{max} /V/						
1 m	69	66	53	46	33	20	10
2 m	139	133	106	93	66	40	20
5 m	345	332	265	232	165	100	50
10 m	690	665	530	465	330	200	100
15 m	1035	997	795	697	495	300	150
20 m	1380	1330	1060	930	660	400	200



Rys. 24 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w kablach koncentrycznych /fiderach/ antenowych o długościach l, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, w różnej odległości od centrum wybuchu /r/.

koncentrycznym, wypadkowa sem będzie sumą wartości zaindukowanej w antenie i kablu koncentrycznym. Wartości siły elektromotorycznej zaindukowanej w kablach koncentrycznych o różnej długości zestawiono w tabeli 20.

Obliczenie maksymalnej wartości sem zaindukowanej w antenach wzdłużnych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

Dla anten wzdłużnych /linki rozwinięte poziomo i ukośnie/ w stosunku do centrum wybuchu, o długości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów zaindukowaną w nich sem po wybuchu neutronowym można obliczyć przy pomocy wzoru /13/

$$U_{max} = \frac{\alpha}{\eta} \cdot E_{max} \cdot l \qquad /V/$$

Współczynniki $\alpha = 0{,}5$ i $\eta = 1$.

Podstawiając wartości współczynników oraz natężenie pola elektromagnetycznego E_{max} /tabela 21/ dla różnych odległości od centrum wybuchu i dla różnej długości anten można obliczyć sem z wyżej podanego wzoru

$$U_{max} = 0{,}5 \cdot E_{max} \cdot l \qquad /V/$$

Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 21.

Przy obliczeniach sem w antenach posiadających dwa równolegle połączone w stosunku do wejścia /wyjścia/ urządzeń radioelektronicznych ramiona /np. dipol symetryczny, typu "T"/ do obliczeń należy brać długość jednego ramienia, natomiast anteny posiadające jedno ramię /np. skośny promień, fali bieżącej/ - całą jego długość.

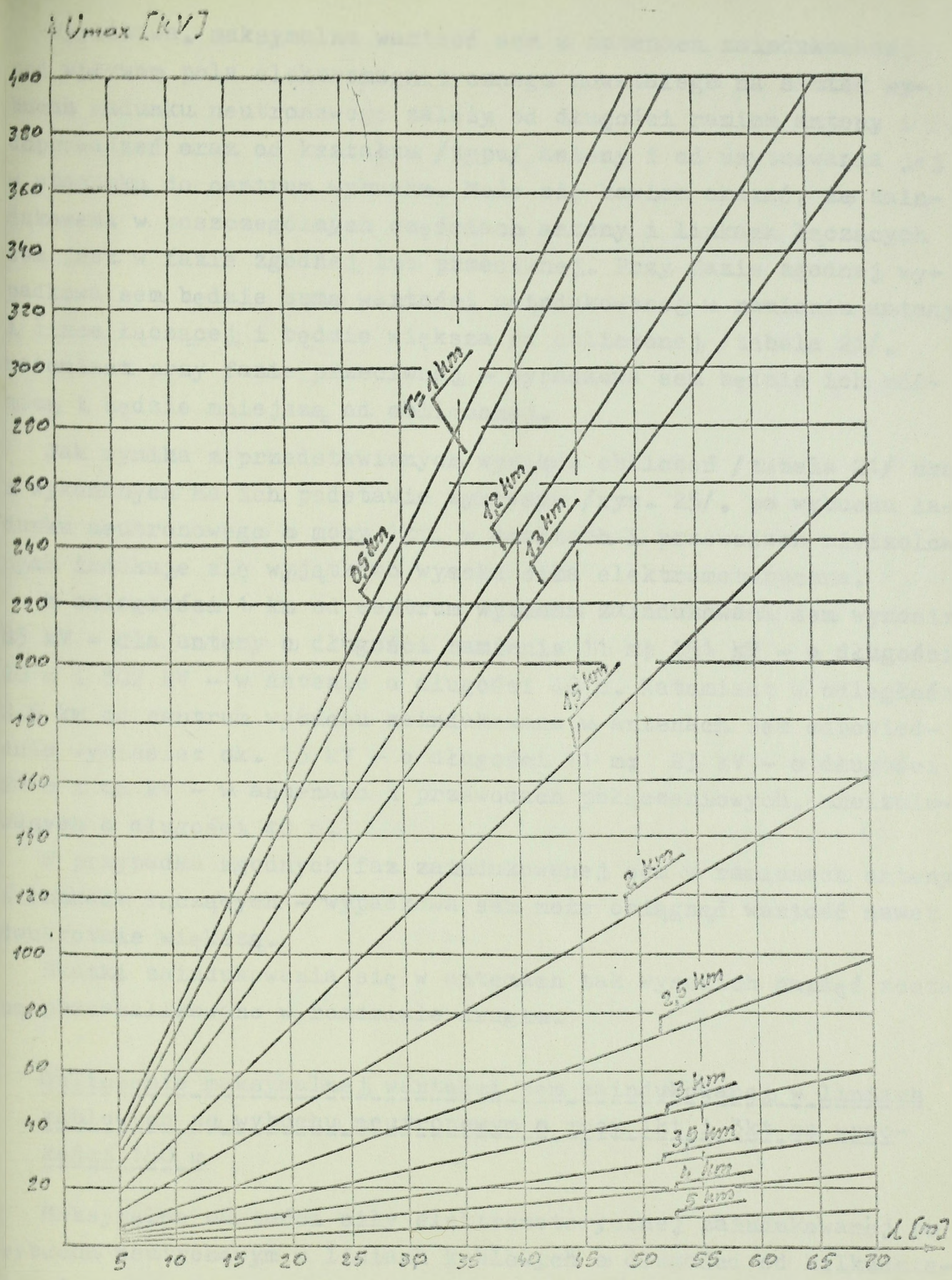
Każde ramię anteny łączone jest linką /kablem/ z obwodem wejściowym /wyjściowym/ urządzenia radioelektronicznego. W każdej lince /kablu/ łączącej również indukuje się sem, szeregowo połączona z sem zaindukowaną w ramieniu anteny. Zatem, wypadkowa sem, występująca na obwodach wejściowych /wyjściowych/ urządzeń radioelektronicznych będzie sumą wartości sem zaindukowanej w antenie /ramieniu anteny/ i w linice /kablu/ połączeniowej.

W tabeli 21 zestawiono wyniki obliczeń zaindukowanej sem tylko w jednym ramieniu danej anteny, bez uwzględnienia sem zaindukowanej w linkach połączeniowych.

Tabela 21

Maksymalna wartość sem U_{max} zaindukowanej w antenach wzdłużnych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

r /km/	0,5	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
przy q = 1kt									
E_{max} /kV/m/	16,0	15,1	12,1	10,6	7,5	4,5	2,3	1,5	0,8
Rodzaj ant. / sem	U_{max} /kV/								
dipol sym."T" 2 x 15m	120,0	113,3	90,8	79,5	56,6	34,1	17,3	11,5	5,8
dipol sym."T" 2 x 20m	160,0	151,0	121,0	106,0	75,5	45,5	23,0	15,3	7,7
półkomb pion. 32 m	256,0	241,6	193,6	169,6	120,8	72,8	36,8	24,5	12,4
f. bież i inne 40 m	320,0	302,0	242,0	212,0	151,0	91,0	46,0	30,6	15,4
przy q = 3kt									
E_{max} /kV/m/	21,0	20,2	16,1	14,1	10,1	6,0	3,0	2,0	1,0
Rodzaj ant. / sem	U_{max} /kV/								
dipol sym."T" 2 x 15m	157,5	151,2	121,0	105,9	75,6	45,4	22,7	15,0	7,6
dipol sym."T" 2 x 20m	210,0	201,6	161,3	141,2	100,8	60,5	30,2	20,2	10,0
półkomb pion. 32 m	336,0	322,6	258,1	225,8	161,2	96,7	48,4	32,3	16,1
f.bież. i inne 40 m	420,0	403,3	323,0	282,3	201,6	121,0	60,5	40,4	20,2



Rys. 25 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w antenach wzdłużnych i przewodach o długościach l, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, w różnej odległości od centrum wybuchu /r/

Wypadkowa, maksymalna wartość sem w antenach zaindukowanej pod wpływem pola elektromagnetycznego powstałego na skutek wybuchu ładunku neutronowego zależy od długości ramion anteny i ich doprowadzeń oraz od kształtu /typu/ anteny i od usytuowania jej w stosunku do centrum wybuchu. Może się bowiem okazać, że zaindukowana w poszczególnych częściach anteny i linkach łączących sem jest w fazie zgodnej lub przeciwnej. Przy fazie zgodnej wypadkowa sem będzie sumą wartości zaindukowanej w ramieniu anteny i lince łączącej i będzie większa od obliczonej /tabela 21/, natomiast przy fazie przeciwnej - wypadkowa sem będzie ich różnicą i będzie mniejszą od obliczonej.

Jak wynika z przedstawionych wyników obliczeń /tabela 21/ oraz z wykonanych na ich podstawie wykresów /rys. 25/, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, w antenach i przewodach nieizolowanych indukuje się wyjątkowo wysoka siła elektromotoryczna.

W odległości 1 km od centrum wybuchu zaindukowana sem wynosi: 83 kV - dla anteny o długości ramienia 1,1 m; 151 kV - o długości 20 m i 302 kV - w antenie o długości 40 m. Natomiast w odległości 2,5 km od centrum wybuchu zaindukowana w antenach sem odpowiednio wyniesie: ok. 13 kV - o długości 1,1 m; 23 kV - o długości 20 m i 46 kV - w antenach i przewodach połączeniowych, nieizolowanych o długości 40 m.

W przypadku zgodnych faz zaindukowanej sem w ramionach anteny i linkach łączących - wypadkowa sem może osiągnąć wartość nawet dwukrotnie większą.

Skutki zaindukowania się w antenach tak wysokich napięć zostaną przeanalizowane w rozdziale drugim.

Obliczenie maksymalnej wartości sem zaindukowanej w liniach kablowych po wybuchu neutronowym o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

Maksymalne wartości siły elektromotorycznej zaindukowanej po wybuchu neutronowym w liniach kablowych o długości od kilkudziesięciu metrów do 5 kilometrów można obliczyć przy pomocy wzoru /15/.

$$U_{max} = 10^3 \Psi(\xi) \cdot \frac{d}{\eta} \cdot f_1(\gamma) \cdot f_3(H) \cdot f_4(r_1, r_2) \quad /V/$$

Przy pomocy powyższego wzoru można obliczyć sem zaindukowaną

w kablach ułożonych na powierzchni ziemi, lub zakopanych w gruncie, podwieszonych na drzewach lub innych wspornikach nad powierzchnią ziemi.

Wartości funkcji występujących we wzorze $\Psi/\xi/$, $f_1/\eta/$ i $f_3/H/$ dla różnych długości od centrum wybuchu zestawiono w tabelach od 9. do 12. Natomiast wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ zestawiono w tabelach nr 17 i 18.

Dla kabli bez ekranu i obciążonych z obydwóch końców, wartości współczynników przyjmuje się: $\alpha = 1$ i $\eta = 1$, natomiast dla kabli ekranowanych: $\alpha = 1$ i $\eta = 10$. Wynika stąd wniosek, że w kablach ekranowanych będących w takich samych warunkach jak kable nieekranowane zaindukuje się dziesięciokrotnie mniejsza siła elektromotoryczna.

Dla dalekosiężnych kabli polowych /ekranowanych/ typu P-270 /lub PKD2x2/, przy naziemnych i powietrznych wybuchach jądrowych współczynnik $\eta = 2,5$ /83 str.42/ W takim przypadku, po wybuchu ładunku neutronowego w dalekosiężnych kablach, będących w rejonie wybuchu zaindukuje się 2,5 raza mniejsza siła elektromotoryczna niż w kablach nieekranowanych.

Podstawiając stałe wartości funkcji i współczynników do wzoru 15, przy założeniu, że przy 95% wybuchów ładunków neutronowych o mocy 1kt na wysokości 150 m maksymalna amplituda impulsu elektromagnetycznego nie przewyższy obliczonej wartości, obliczono maksymalną wartość sem zaindukowaną w kablach nieekranowanych. Przykład obliczenia:

$$U_{max} = 10^3 \cdot \Psi/\xi/ \cdot \frac{\alpha}{\eta} \cdot f_1/\eta/ \cdot f_3/H/ \cdot f_4/r_1, r_2/ \quad /V/$$

Po podstawieniu wartości funkcji i współczynników

$$U_{max} = 10^3 \cdot 22 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,95 \cdot f_4/r_1, r_2/ \quad /V/$$

Dla odcinka kabla $l = 500$ m i $r_1 = 0,5$ km, $f_4/r_1, r_2/ = 2$

$$U_{max} = 50200 \text{ V}.$$

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 3kt przy podanych założeniach, maksymalna sem odpowiednio wyniesie:

$$U_{max} = 10^3 \cdot 22 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 0,95 \cdot f_4/r_1, r_2/ \quad /V/$$

Tabela 22

Maksymalne wartości sem U_{max} zaindukowanej w liniach kablowych nieekranowanych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m

$$U_{max} = 25,1 \cdot f_4/r_1, r_2/ \quad /kV/,$$

Wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ - w tabeli 18.

r_1 /km/	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	3,0
$f_4/r_1/$	3,0	2,5	1,9	1,6	1,3	1,1	0,8	0,7	0,6	0,3	0,2
Długość kabla	U_{max} /kV/										
l= 100m	20,1	15,1	10,0	7,5	5,0	3,8	2,5	2,0	1,8	0,7	0,2
l= 200m	27,6	22,6	15,1	12,5	10,0	6,3	4,3	3,0	2,5	2,0	1,0
l= 300m	37,6	30,1	20,1	16,3	11,3	8,8	6,3	5,0	4,0	2,5	1,5
l= 500m	50,2	38,9	26,3	21,3	16,3	12,5	8,8	7,5	6,3	3,8	2,0
l= 800m	57,7	46,4	32,6	26,3	20,1	16,3	12,5	10,0	8,3	5,0	2,2
l=1000m	61,5	48,9	35,1	30,1	22,6	18,8	15,1	12,5	9,0	6,3	2,5
l=2000m	69,0	56,5	42,7	35,6	28,4	23,6	18,1	16,3	12,5	7,5	5,0
l=3000m	72,5	60,2	45,4	38,1	30,9	25,8	20,1	17,8	14,3	8,5	
l=4000m	74,5	62,2	47,2	39,9	32,4	27,4					
l=4500m	75,0										

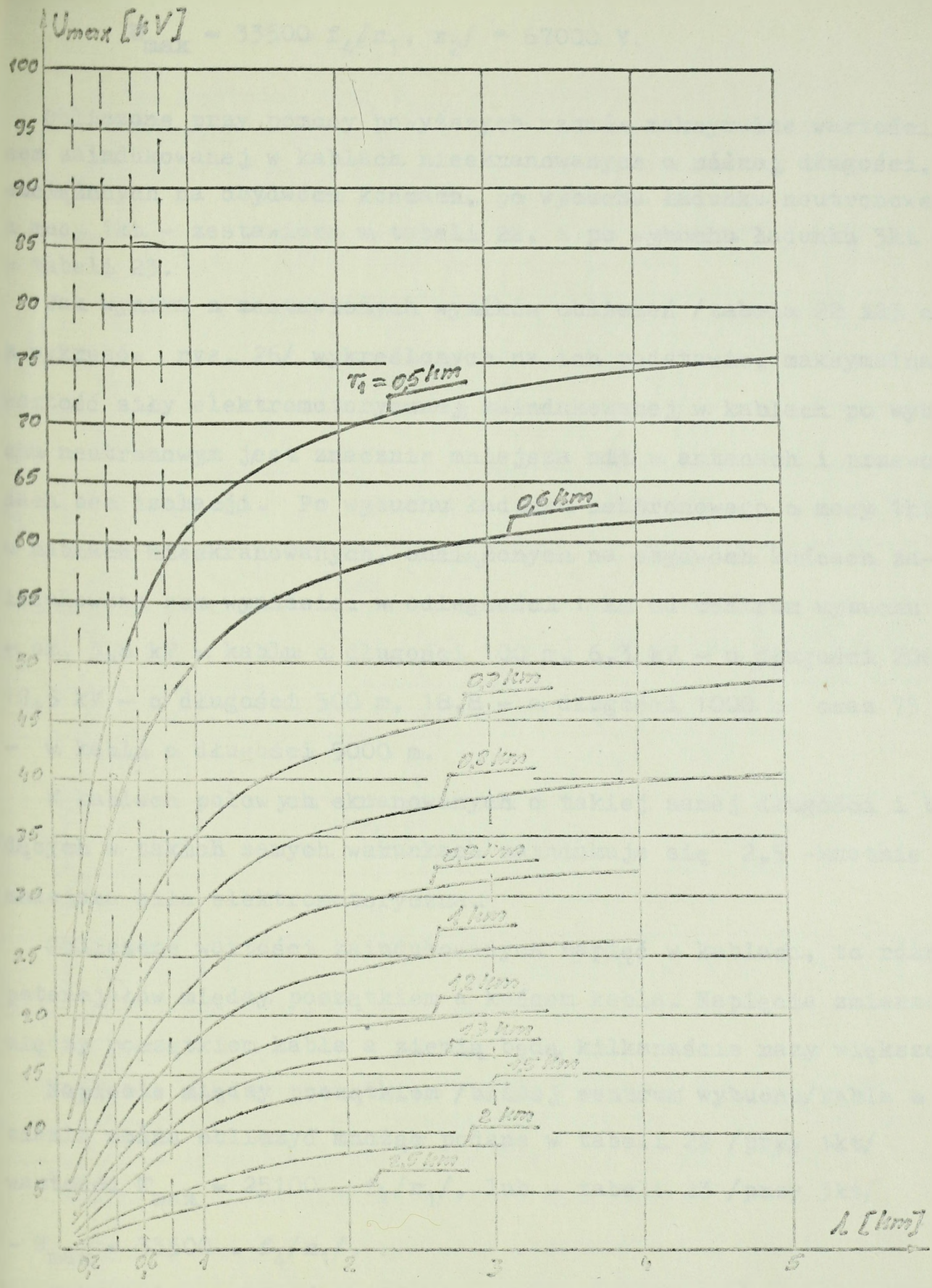
Tabela 23

Maksymalne wartości sem U_{max} zaindukowanej w liniach kablowych nieekranowanych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 3kt na wysokości 150 m

$$U_{max} = 33,5 \cdot f_4/r_1, r_2/ \quad /kV/.$$

Wartości funkcji $f_4/r_1, r_2/$ - w tabeli 18.

r_1 /km/	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	2,0	3,0
$f_4/r_1/$	3,0	2,5	1,9	1,6	1,3	1,1	0,8	0,7	0,6	0,3	0,2
Długość kabla	U_{max} /kV/										
l= 100m	26,8	20,1	13,4	10,0	6,7	5,0	3,3	2,7	2,3	1,0	0,3
l= 200m	36,8	30,1	20,1	16,7	13,4	8,4	5,7	4,0	3,3	2,7	1,3
l= 300m	50,2	40,2	26,8	21,8	15,1	11,7	8,4	6,7	5,4	3,3	2,0
l= 500m	67,0	51,9	35,2	28,5	21,8	16,7	11,7	10,0	8,4	5,0	2,7
l= 800m	77,0	62,0	43,5	38,5	26,8	21,8	16,7	13,4	11,0	6,7	3,0
l=1000m	82,1	65,3	46,9	40,2	30,1	25,1	20,1	16,7	12,1	8,4	3,3
l=2000m	92.1	75,4	56,9	47,6	37,8	31,5	24,1	21,8	16,7	10,0	6,7
l=3000m	96,8	80,4	60,6	50,9	41,2	34,5	26,8	23,8	19,1	11,4	
l=4000m	99,5	83,1	63,0	53,3	43,2	36,5					
l=4500m	100,2										



Rys. 26 Maksymalne wartości zaindukowanej sem /U_{max}/ w liniach kablowych nieekranowanych, obciążonych na obydwóch końcach, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, w różnej odległości od centrum wybuchu /r_1/

$U_{max} = 33500\ f_4/r_1, r_2/ = 67000$ V.

Obliczone przy pomocy powyższych wzorów maksymalne wartości sem zaindukowanej w kablach nieekranowanych o różnej długości, obciążonych na obydwóch końcach, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt - zestawiono w tabeli 22, a po wybuchu ładunku 3kt - w tabeli 23.

Jak wynika z zestawionych wyników obliczeń /tabela 22 i23 oraz z wykresów rys. 26/ wykreślonych na ich podstawie, maksymalna wartość siły elektromotorycznej zaindukowanej w kablach po wybuchu neutronowym jest znacznie mniejsza niż w antenach i przewodach bez izolacji. Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, w kablach nieekranowanych, obciążonych na obydwóch końcach zaindukowana sem wyniesie: w odległości 1 km od centrum wybuchu - ok. 3,8 kV w kablu o długości 100 m, 6,3 kV - o długości 200 m, 12,5 kV - o długości 500 m, 18,8 - o długości 1000 m oraz 75 kV - w kablu o długości 5000 m.

W kablach polowych ekranowanych o takiej samej długości i będących w takich samych warunkach zaindukuje się 2,5 -krotnie mniejsza siła elektromotoryczna.

Obliczone wartości zaindukowanych napięć w kablach, to różnica potencjałów między początkiem a końcem kabla. Napięcia zmierzone między początkiem kabla a ziemią będą kilkanaście razy większe.

Napięcie między początkiem /bliżej centrum wybuchu/kabla a ziemią można obliczyć mnożąc podane w tabeli 22 /przy 1kt/ wartości $U_{max} = 25100 \cdot f_4/r_1/$, lub w tabeli 23 /przy 3kt/ - $U_{max} = 33500 \cdot f_4/r_1/$.

Maksymalna wartość sem jaka może zaindukować się na początku linii kablowej /od centrum wybuchu/, w odniesieniu do ziemi /ekranu/ po wybuchu neutronowym o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m przedstawiono w tabeli 24.

Tabela 24

Maksymalne wartości sem U_{max} zaindukowanej na początku linii kablowych w odniesieniu do ziemi /ekranu/ po wybuchu ładunków neutronowych o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m

r_1/km/	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0	4,0
f_4/r_1/	3,0	2,5	1,9	1,6	1,3	1,1	0,85	0,6	0,35	0,16	0,1
Dla kabli nieekranowanych, η = 1											
przy q = 1kt, U_{max} = 25,1 . f_4/r_1/ /kV/											
U_{max} /kV/	75,3	62,7	47,7	40,2	32,6	27,6	21,3	15,1	8,8	4,6	1,8
przy q = 3kt, U_{max} = 33,5 . f_4/r_1/ /kV/											
U_{max} /kV/	100,5	83,7	63,6	53,6	43,5	36,8	28,5	20,1	11,7	5,4	2,3
Dla kabli polowych ekranowanych, η = 2,5											
przy q = 1kt, U_{max} = 10,04 . f_4/r_1/ /kV/											
U_{max} /kV/	30,1	25,1	19,1	16,1	13,0	11,0	8,5	6,0	3,5	1,6	0,7
przy q = 3kt, U_{max} = 13,4 . f_4/r_1/ /kV/											
U_{max} /kV/	40,2	33,5	25,5	21,4	17,4	14,7	11,4	8,0	4,7	2,1	0,9

Pojawienie się tak wysokich potencjałów na liniach kablowych lub przewodach urządzeń elektronicznych czy też w pojazdach mechanicznych może spowodować przebicie izolacji do masy /ziemi/ powodując zwarcia i unieruchomienie całej aparatury.

W dostępnej autorowi literaturze przedmiotu nie podaje się przykładowych obliczeń lub wyników badań z dziedziny oddziaływania impulsu elektromagnetycznego podczas wybuchów ładunków neutronowych na środki i urządzenia łączności.

W dostępnej literaturze można spotkać wiadomości dotyczące oddziaływania impulsu elektromagnetycznego na środki łączności najczęściej po wybuchach jądrowych /atomowych/ średniej i dużej mocy wykonywanych na dużych wysokościach.

W literaturze Zachodniej spotyka się wiadomości dotyczące impulsu elektromagnetycznego ale są one fragmentaryczne, zbyt ogólne i niekiedy sprzeczne ze sobą.

Na przykład: w artykule kpt. M.A. Kinga i P.B. Fleminga /streszczenie z języka angielskiego/ "Oddziaływanie wybuchów jądrowych na system łączności" /WPZ nr 5/80 r str. 19/ podaje się, że przy wybuchu ładunku jądrowego na małej wysokości /poniżej 2 km/, na obszarze 3 - 6 km od punktu wybuchu amplituda impulsu elektromagnetycznego osiąga wielkość rzędu setek tysięcy V/m i powstaje prąd o natężeniu milionów amperów. Jest to stwierdzenie nie zbyt ogólne aby można ustosunkować się do niego czy i w jakich okolicznościach jest prawdziwe.

W artykule bryg. O. [illegible]aka "Działanie impulsu elektromagnetycznego wywołanego wybuchem jądrowym"WPZ Nr 1/93r//str. 98 - streszczenie z języka niemieckiego/ stwierdza się, że " w odległości 1200 km od centrum wybuchu ładunku jądrowego 10 - kilotonowego na wysokości 100 km, na powierzchni ziemi powstaje pole o natężeniu ok. 10 kV/m. W obszarze działania o promieniu 1200 km, we wszystkich ośrodkach przewodzących, takich jak przewody elktryczne, anteny i tp./, wystąpi wysokie napięcie powodujące przepływ prądu elektrycznego o dużym natężeniu. Np. w maszcie antenowym o wysokości 75 m popłynie prąd o wartości ok. 20000 Amperów. Wszystkie urządzenia połączone z tą anteną zostaną częściowo lub całkowicie zniszczone. W antenach radiostacji UKF, o długości do kilku metrów popłynie prąd o natężeniu ok. 50 Amperów".

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analizy literatury przedmiotu należy stwierdzić, że jest to mało prawdopodobne i raczej nie możliwe.

W literaturze radzieckiej pt. :"Effektiwność i bojewyje wozmożności sredstw i kompleksow wojennoj swiazi" /Konspiekt liekcji - Akademia Swiazi im. S. M. Budionnowo - Leningrad 1976r/ /43/, podaje się wyliczenia /str. 41/i wykresy /str. 131/, z których wynika, że wielkość napięć zaindukowanych w antenach prętowych o wysokości 10 m rozwiniętych w centrum wysokiego wybuchu jądrowego o mocy 10kt dokonanego na wysokości 100 km - wynosi ok. 10V, a w antenie 4 m - ok. 2V, /załącznik 14/. Napięcia o takiej wiel-

kości nie są szkodliwe dla obwodów wejściowych odbiornika.

Jak widać z podanych przykładów, przy podobnych warunkach wybuchów atomowych występują duże rozbieżności w wielkości zaindukowanych napięć i płynących pod ich wpływem prądów.

Należy przypuszczać, że w streszczeniu artykułu bryg. O. Horaka wkradł się błąd w tłumaczeniu z języka niemieckiego. Zamiast 10-kilotonowego ładunku jądrowego raczej powinno być 10-megatonowego, a to jest już bardziej prawdopodobne.

W podręczniku pt. : "Bojewyje swojstwa jadiernowo orużija" /Wd. MO SSSR Moskwa 1967r/ str. 470, podano przykład obliczania zaindukowanej sem w podziemnym kablu typu PWL, o długości 100 m oddalonego - początek 400 m, a koniec kabla 500 m od centrum naziemnego wybubuchu atomowego o mocy 400 kt. Obliczona przykładowo zaindukowana w 100 m kablu sem wynosi 46 kV, a po przepaleniu oporności obciążenia kabla popłynie prąd rzędu 4600 amperów.

W podręczniku pt.:"R[illegible] i prowodnaja swiaź w usłowiach wysotnych jadiernych wzrywow", MO SSSR Moskwa 1968r /83 str. 44/, podano odległości początku linii od centrum wybuchu atomowego /naziemnego i powierznego/, przy których wielkość impulsowego napięcia, zaindukowanego w żyłach kablowej linii łączności nie przewyższa 7 kV /przedstawiono je w załączniku 15/.
Podane wartości napięć, przy małych mocach, na danej odległości są w przybliżeniu zgodne z obliczonymi w niniejszej pracy /zestawionymi w tabeli 24/, co wskazuje na prawidłowość dokonanych obliczeń.

3.2.6 Wpływ wybuchów neutronowych na rozprzestrzenianie się fal radiowych

Wybuchy ładunków neutronowych nie mają większego wpływu na rozprzestrzenianie się fal elektromagnetycznych.

Ogólnie, zakres oddziaływania wybuchów jądrowych na rozprzestrzenianie się fal elektromagnetycznych zależy od szeregu czynników, z których jako zasadnicze należy wymienić: długość fali, sposób propagacji oraz wysokość i moc wybuchów.

Wybuchowi neutronowemu /podobnie jak i atomowemu/ towarzyszą dwa rodzaje efektów elektromagnetycznych. Jeden z nich to impuls elektromagnetyczny o krótkotrwałym czasie trwania /rzędu setek mikrosekund/, który objawia się w urządzeniach radioodbiorczych

w postaci krótkotrwałych trzasków, podobnie jak podczas wyładowań atmosferycznych.
Drugi efekt, to zmiana elektrycznych właściwości atmosfery w rejonie wybuchu, powodujący zaburzenia w propagacji fal radiowych.

Zaburzenia propagacji fal radiowych, ich zasięg i czas trwania są ściśle związane z wysokością i mocą wybuchu jądrowego.

Przestrzeń atmosfery ziemskiej w pobliżu powierzchni Ziemi, na wysokości do 10-15 km /troposfera/ charakteryzuje się między innymi bardzo małą koncentracją elektronów oraz dużym ciśnieniem. W miarę oddalania się od powierzchni Ziemi, wraz ze spadkiem ciśnienia wzrasta gęstość elektronowa.

Na dużych wysokościach, powyżej 50 km /mezosfera i jonosfera/ występują stałe i okresowo pojawiające się warstwy silnie zjonizowanego powietrza, które w istotny sposób wpływają na propagację fal radiowych.

Wybuchy neutronowe przewiduje się wykonywać na wysokości 100 do 200 m - jako najskuteczniejsze, a maksymalnie do 450 m nad powierzchnią Ziemi.

Zasadniczym ładunkiem, do których przenoszenia przystosowano artylerię lufową i rakiety Lance, są ładunki neutronowe o mocy 1kt /maksymalnie do 3kt/.

Średnica kuli ognistej po wybuchu neutronowym wyniesie do kilkudziesięciu metrów, a po wzniesieniu się na wyższe wysokości - do kilkuset metrów.

Stąd wniosek, że wybuchy neutronowe z zasady wykonywane będą tylko w troposferze, na małych wysokościach. Jonosfera nie będzie naruszona, a zatem - łączność na falach jonosferycznych nie będzie zakłócona.

Pewnym krótkotrwałym zakłóceniom może ulec łączność na falach troposferycznych, w przypadku wybuchu neutronowego pomiędzy dwoma korespondentami oraz w rejonie rozproszenia.

Zakłócenia te ograniczone będą tylko do kuli ognistej, która stanowi rozżarzoną i silnie zjonizowaną plazmę.
Wiązka fal elektromagnetycznych przechodząca przez kulę ognistą wybuchu neutronowego będzie absorbowana /we wszystkich zakresach częstotliwości/, aż do momentu obniżenia temperatury wnętrza kuli do około 3000°C. Może to nastąpić po upływie ok. 3 minut /50/.

Łączność na falach powierzchniowych /KF i UKF/ emitowanych

i odbieranych za pomocą anten pionowych zawieszonych na małych wysokościach /do 4 m/ oraz na falach przyziemnych typu ogólnego emitowanych i odbiera-nych za pomocą anten pionowych zawieszonych na masztach o wysokości 10 do 20 m - nie powinna ulec zakłóceniu.

Łączność na falach powierzchniowych i przyziemnych jest zasadniczą łącznością w działaniach bojowych dywizji. W związku z tym należy stwierdzić, że wybuchy neutronowe nie powodują większych zaburzeń w troposferze i nie mają ujemnego wpływu na propagację fal radiowych wykorzystywanych w systemie łączności dywizji.

3.2.7. Porażenia kombinowane po wybuchu neutronowym

3.2.7.1 Porażenie ludzi wybuchem neutronowym

Jak wynika z dotychczasowej analizy czynników rażenia wybuchów neutronowych utrata zdolności bojowej nie ukrytych ludzi następuje głównie na skutek działania promieniowania przenikliwego, jednak na bliższych odległościach oddziaływują i inne czynniki rażenia, które mogą spotęgować /zwiększyć/ stopień porażenia.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, utrata zdolności bojowej ludzi może nastąpić w odległości od centrum wybuchu:

- na skutek działania promieniowania przenikiwego - 1500 m;
- na skutek działania promieniowania cieplnego - 800 m;
- na skutek działania fali uderzeniowej - 320 m.

Wszystkie ukrycia, szczególnie zamknięte skutecznie bronią przed promieniowaniem cieplnym. Promień rażenia nie ukrytych ludzi falą uderzeniową jest około pięciokrotnie mniejszy od promienia rażenia promieniowaniem przenikliwym. Nawet żołnierze znajdujący się w czołgach z wykładziną przeciwneutronową poniosą natychmiastową śmierć w odległości ok. dwukrotnie większej /600 m/ od promieniowania przenikliwego niż żołnierze nie ukryci utracą zdolność bojową od fali uderzeniowej /320m/.

W związku z tym przy wybuchu neutronowym o utracie zdolności bojowej żołnierzy decyduje promień rażenia promieniowania przenikliwego.

Tabela 25

Promienie /m/ stref porażenia nie ukrytych żołnierzy po wybuchu neutronowym o mocy 1kt na wysokości 150 m

Rodzaj porażenia	Promienie r /m/ stref porażenia nie ukrytych ludzi na skutek działania:		
	fali uderzeniowej	promieniowania cieplnego	promieniowania przenikliwego
bardzo ciężkie	200	450	1350
ciężkie	280	550	1450
średnie	320	800	1500
lekkie	500	1100	1700
utrata zdolności bojowej	320	800	1500

Tabela 26

Promienie /m/ stref utraty zdolności bojowej żołnierzy znajdujących się w różnego rodzaju ukryciach po wybuchu neutronowym o mocy 1kt na wysokości 150 .

Rodzaj ukrycia	Utrata zdolności bojowej nastąpi:		
	natychmiast	w ciągu 1 godziny	w ciągu 1 doby
Odkryci w samochodach, aparat.. łączności, wozach dowodzenia, transporterach opanc.., BWP	940	1350	1470
W czołgach bez wykładziny przeciwneutronowej	850	1260	
W czołgach z osłoną przeciwneutronową oraz w szczelinach przykrytych	600	970	1090
W odkrytych obiektach fortyfikacyjnych	760	1150	1300
W schronach przedpiersiowych	250	350	470

Promienie stref utraty zdolności bojowej żołnierzy znajdujących się w różnego rodzaju ukryciach po wybuchu neutronowym o mocy 1kt przedstawiono w tabeli 26.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 25 oraz 26, aparatownie łączności oraz wozy dowodzenia na transporterach opancerzonych w bardzo małym stopniu chronią przed promieniowaniem neutronowym. Jedyną skuteczną ochroną personelu eksploatującego system łączności przed promieniowaniem neutronowym /przenikliwym/ jest ukrycie aparatowni łączności i wozów dowodzenia w ziemi /okopy o pełnym profilu/, a żołnierzy nie będących w tych aparatowniach - w schronach.

3.2.7.2 Rażenie środków łączności wybuchem neutronowym

Środki łączności są bardziej narażone na działanie czynników rażenia broni neutronowej niż inny sprzęt bojowy, a nawet transportu, bowiem nie ma możliwości całkowitego ich ukrycia.

Ze względu na propagację fal radiowych, aparatownie wyposażone w środki radioliniowe muszą być rozwijane w rejonie podwyższonym /na wzniesieniach/, w przeciwnym razie łączności radioliniowej nie będzie wogóle lub będzie na małych odległościach.

Same pojazdy można ukryć w wykonane okopy jednak systemu antenowego ukryć nie można. Z tego wynika, że wykorzystanie właściwości ochronnych terenu dla niektórych aparatowni łączności również jest ograniczone. Podobnie przedstawia się sytuacja z środkami radiowymi, a szczególnie wykorzystującymi w swej pracy fale ultrakrótkofalowe.

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt system atenowy może ulec zniszczeniu w odległości ok. 530 m, a przy mocy 3kt - 940 m od centrum wybuchu. Promieniowanie przenikliwe nie powoduje uszkodzenia systemu antenowego.

Promienie uszkodzenia /zniszczenia/ systemu antenowego można zmniejszyć jedynie poprzez zastosowanie anten prętowych, ale kosztem znacznego zmniejszenia zasięgu łączności oraz ograniczenie możliwości wykorzystania ilości środków radioliniowych.

O promieniu stref rażenia aparatury radioelektronicznej decyduje promień uszkodzenia /zniszczenia/ detali teletechnicznych na skutek promieniowania neutronowego, a to skolei decyduje o właściwościach użytkowych całej aparatowni łączności lub wozu dowodzenia.

Tabela 27

Promienie stref r /m/ utraty właściwości użytkowych nie ukrytych śrotków i urządzeń łączności po wybuchu neutronowym o mocy 1kt na wysokości 150 m, na skutek działania fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego

Rodzaj sprzętu	Promienie stref /m/ utraty właściwości użytkowej na skutek działania:	
	fali uderzeniowej	promieniowania przenikliwego*)
Samoloty łącznikowe i śmigłowce	1000	1000
Urządzenia antenowe	530	-
Radiostacje na samochodach i aparatownie łączn.	420	1000
Nadziemne linie kablowe	300	-
Stałe napowietrzne linie łączności	230	-
Radiostacje przenośne, wozy dowodzenia na transporterach opancerzonych i zamontowane w nich urządzenia łączności	180	1000
Wozy dowodzenia na BWP	160	900
Czołgi dowódcze	110	800

*) Utrata właściwości użytkowych na skutek uszkodzeń lub zniszczeń niektórych detali elektronicznych w środkach i urządzenich łączności.

Promienie strefy utraty właściwości użytkowych nie ukrytych środków i urządzeń łączności po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na skutek działania fali uderzeniowej i promieniowania neutronowego przedstawiono w tabeli 27. Jak wynika z obliczeń /tab. 27/, niezależnie od tego w jakim środku transportu znajduje się aparatura radioelektroniczna /opancerzonym lub nie/- promień rażenia wynosi ok. 1.000 m, a przy wybuchu neutronowym o mocy 3kt - promień ten odpowiednio zwiększy się o około 200 m.

Promień utraty właściwości użytkowych aparatury radioelektronicznej, na skutek promieniowania neutronowego można znacznie zmniejszyć wykorzystując ukrycia inżynieryjne o pełnym profilu.

Pod wpływem promieniowania przenikliwego następuje okresowe pogorszenie oporności izolacji w kablach i wszelkiego rodzaju przewodach co może doprowadzić do upływności prądów i uniemożliwienia przesyłania w tym czasie sygnałów, szczególnie wysokiej częstotliwości. Może to również przyspieszyć przebicie izolacji.

Okres powrotu właściwości izolacyjnych powłoki ochronnej kabla /przewodu/ do pierwotnego stanu zależy od rodzaju materiału użytego na izolację i od wielkości strumienia neutronów w jakim znalazł się kabel /przewód/. Może on trwać od kilkudziesięciu minut /polietylen/ do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu godzin /1.1 str. 36/.

Najbardziej groźnym czynnikiem rażenia dla aparatury radioelektronicznej może okazać się impuls elektromagnetyczny.

Na skutek działania impulsu elektromagnetycznego we wszystkich antenach, kablach i przewodach, na dużych odległościach od centrum wybuchu, zaindukuje się wysoka siła elektromagnetyczna, która staje się źródłem prądów płynących do podłączonej do nich aparatury radioelektronicznej lub elektronicznej, niezależnie od tego czy znajduje się ona w ukryciu czy nie.

Maksymalna wartość sem jaka może zaindukować się w antenach i kablach po wybuchu neutronowym o mocy 1kt przedstawiono w tabelach 28 i 29. Jak wynika z zestawionych danych maksymalna sem zależy od długości anteny /kabla/ oraz od odległości od centrum wybuchu. Po wybuchu neutronowym o mocy 1kt w antenie prętowej 4 m zaindukuje się: w odległości 500 m - 32 kV; w odległości 1000 m 30,2 kV; w odległości 1500 m 15,1 kV, a w odległości 4000 m - 1,5 kV. Natomiast w antenach typu "dipol symetryczny" o długości ramienia 40 m, zaindukuje się dziesięciokrotnie większa siła elektromagnetyczna.

Tabela 28

Maksymalna wartość sem zaindukowanej w antenach, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m

Odległość od centr. wybuchu /m/	Zaindukowana sem / kV /							
	Anteny prętowe			dipol sym. 2x11m	dipol sym., typ "T" 2x15m	dipol sym., typ "T" 2x20m	półrombpion. 32m	dipol sym., sk.prom., fali bież.40m
	1m	1,5m	4m					
1500	8	12	32	88	120	160	256	320
1000	7,5	11,3	30,2	83	113,3	151	241,6	302
1200	6	9	24,2	66,5	90,8	121	193,6	242
1300	5,3	8	21,2	58,3	79,5	106	169,6	212
1500	3,8	5,7	15,1	40,8	56,6	75,5	120,8	151
2000	2,3	3,4	9,1	24,3	34,1	45,5	72,8	91
2500	1,2	1,7	4,6	13,2	17,3	23,0	36,8	46
3000	0,8	1,2	3,0	7,8	11,5	15,3	24,5	30,6
4000	0,4	0,6	1,5	4,2	5,8	7,7	12,4	15,4
5000	0,2	0,3	0,9	2,5	3,5	4,6	7,3	9,2
6000	0,19	0,29	0,76	22,1	2,9	3,8	5,9	7,6
7000	0,14	0,21	0,56	1,5	2,1	2,8	4,5	5,6
8000	0,12	0,18	0,48	1,3	1,8	2,4	3,8	4,8

Wielkość prądów jakie popłyną do obwodów wejściowych /wyjściowych/ aparatury odbiorczo-nadawczej pod wpływem zaindukowania się sem w antenach zależy od zakresu częstotliwości pracy danego urządzenia radioelektronicznego oraz oporności obciążenia anteny.

Zagadnienie to zostanie szczegółowo przeanalizowane w rozdziale drugim, na przykładzie odporności aktualnie wykorzystywanych środków w systemie łączności dywizji.

Tabela 29

Maksymalna wartość sem zaindukowanej w kablach koncentrycznych i symetrycznych nieekranowanych, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m

Odległość od centr. wybuchu / m /	Rodzaj i długość kabla								
	koncentryczny / m /				symetryczny / m /*)				
	2	5	10	20	100	200	500	1.000	2000
	Zaindukowana sem/V/				Zaindukowana sem /kV/				
500	1.110	265	530	1060	20	27,6	50,2	61,5	69,0
600					15	22,6	38,9	48,9	56,5
700					10	15,0	26,3	35,1	42,7
800					7,5	12,5	21,3	28,2	35,6
900					5,0	10,0	16,3	22,6	28,4
1.000	100	250	500	1.000	3,8	6,3	11,3	18,8	23,6
1.200	80	200	400	800	2,5	4,3	8,8	15,0	18,0
1.300	70	175	350	700	2,0	3,0	7,5	12,5	16,3
1.500	50	125	250	500	1,8	2,5	6,3	9,0	12,5
2000	30	80	160	320	0,7	1,25	2,3	5,0	7,5
2500	16	40	80	160	0,5	1,0	2,0	3,5	5,0
3000	11	25	50	100	0,25	0,75	1,0	2,5	3,8
4000	0,5	15	30	60	0,2	0,25	1,25	1,8	2,5
5000	0,4	8	15	30	0,1	0,2	1,0	1,3	1,8

*) W polowych kablach dalekosiężnych /ekranowanych/ typu P-270 lub PKD2x2, w takich samych warunkach indukuje się 2,5 - krotnie mniejsza siła elektromotoryczna. Podane w tabeli wartości napięć, to różnica potencjałów mierzona między początkiem i końcem kabla.

Na bliższych odległościach od centrum wybuchu, przy występowaniu dużych strumieni neutronów oddziałujących na elementy systemu łączności może wystąpić pogorszenie rezystancji izolacji zarówno w kablu jak i wszelkiego rodzaju przewodach. W połączeniu z oddziaływaniem na nie impulsu elektromagnetycznego może mieć ujemne skutki na ich pracę w systemie łączności. Może to przyspieszyć przebicie izolacji oraz uszkodzenie całych urządzeń elektronicznych.

W celu zabezpieczenia aparatury radioelektronicznej i elektronicznej przed nadmiernymi prądami i przepięciami należy zastosować odpowiednie przedsięwzięcia techniczne /elektryczne/ mające na celu uodpornienie ich w tym zakresie /między innymi zastosowanie odpowiednich ochronników, wyłączników itp/.

4. Wnioski

1. Broń neutronowa jest odmianą broni termojądrowej małej mocy. Głównym czynnikiem rażenia jest promieniowanie przenikliwe, a zwłaszcza wysokoenergetyczne promieniowanie neutronowe.

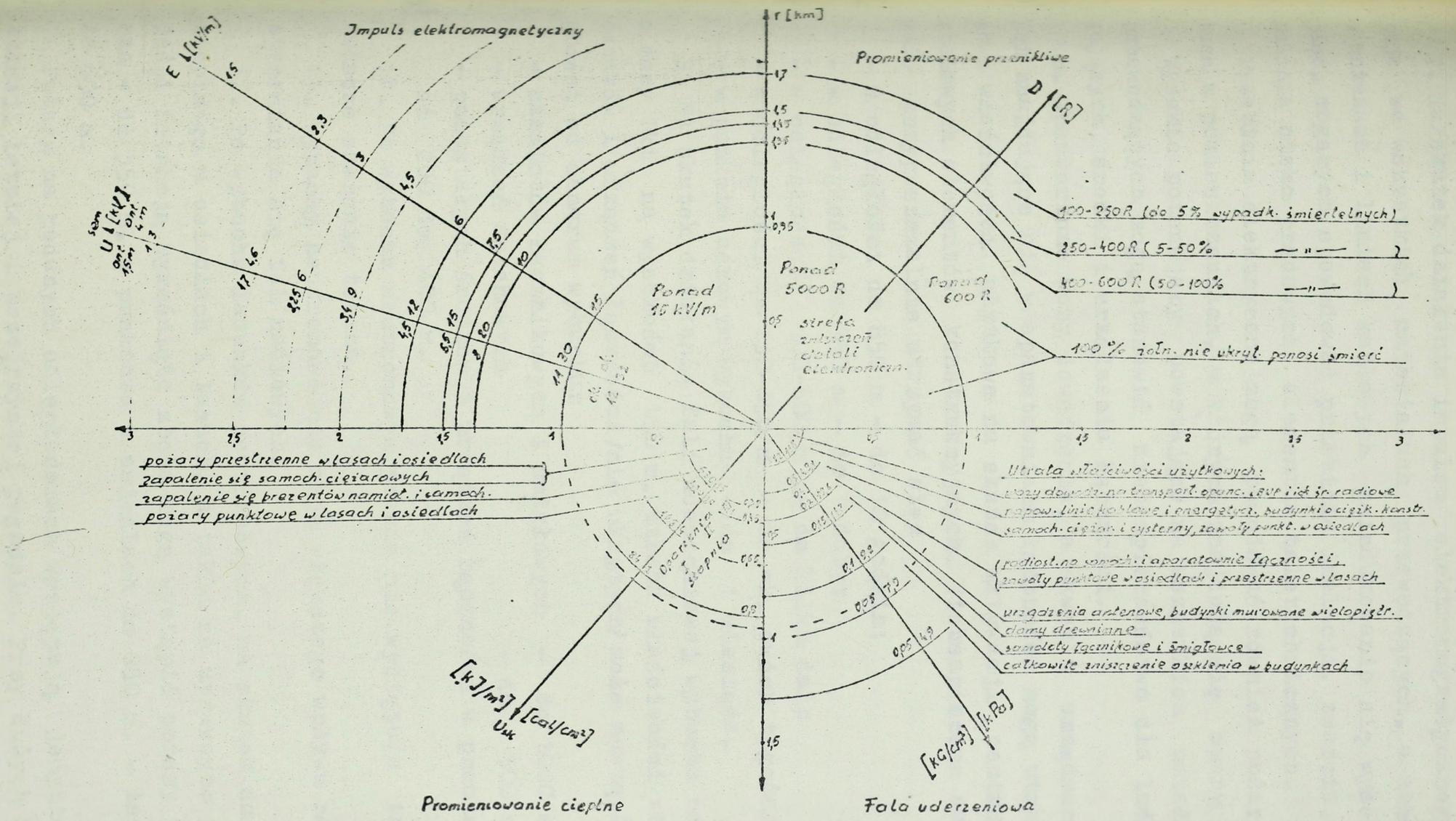
2. Zasięg rażącego działania na ludzi promieniowaniem przenikliwym w rejonie wybuchu neutronowego zwiększa się dwukrotnie w stosunku do zasięgu tego promieniowania po wybuchu ładunku atomowego o tej samej mocy, natomiast fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego - zmniejsza się 4 - 5 razy.

3. Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, na wysokości 150 m, utrata zdolności bojowej nie ukrytych ludzi następuje w promieniu ok. 1500 m, a choroba popromienna pierwszego stopnia w promieniu 1700 m od centrum wybuchu.

4. Aparatownie łączności nie stanowią ochrony dla ludzi przed promieniowaniem neutronowym.

5. Głównymi czynnikami rażenia środków i urządzeń łączności jest promieniowanie neutronowe oraz impuls elektromagnetyczny.

6. Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, na wysokości 150 m, uszkodzenie lub zniszczenie elementów półprzewodnikowych na skutek działania promieniowania neutronowego może nastąpić w promieniu do ok. 950 m od centrum wybuchu.



Rys. 27 Skutki wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m

7. Na skutek działania impulsu elektromagnetycznego następuje we wszystkich materiałach przewodzących, a szczególnie w antenach i liniach kablowych zaindukowanie się wysokich napięć, mogących spowodować przebicie izolacji, zwarcia, lub przepalenia nisko prądowych elementów teletechnicznych.

Przebicia elektryczne mogą powodować również pożar lub wybuch w pomieszczeniach, w których znajdują się opary gazu.

Wysokie potencjały powstające na wszystkich przedmiotach przewodzących mogą stanowić niebezpieczeństwo dla ludzi obsługujących środki i urządzenia łączności.

8. Opancerzone wozy dowodzenia, a nawet i urządzenia łączności znajdujące się w aparatowniach łączności mogą utracić okresowo właściwości użytkowe na skutek aktywacji neutronami ich stalowych elementów konstrukcyjnych. Niebezpieczna aktywność może przypuszczalnie utrzymać się:

- w odległości do 850 m - do 10 godzin;
- w odległości do 750 m - do 1 doby;
- w odległości 500-600 m - do kilku dni;
- w odległości do 150-450 m - do ok. dwóch tygodni;
- w punkcie zerowym wybuchu - do 1 miesiąca.

9. Na skutek działania fali uderzeniowej wybuchu neutronowego o mocy 1Kt na wysokości 150 m, utrata właściwości użytkowej środków i urządzeń łączności /nie ukrytych/ może nastąpić w odległości od centrum wybuchu:

- samolotów łącznikowych i śmigłowych - do 1000 m;
- urządzeń antenowych - do 500 m;
- pozostałych środków i urządzeń łączności w promieniu od 200 do 400 m.

10. Po wybuchu neutronowym prawie nie występuje promieniotwórcze skażenie terenu.

11. Wybuchy neutronowe nie mają większego wpływu na rozprzestrzenianie się fal radiowych.

12. Po wybuchu ładunków neutronowych, na skutek działania cieplnego w osiedlach i lasach, a także na uprawnych polach, jeśli istnieją wyrośnięte zboża mogą wystąpić pożary przestrzenne - do 350 m, a punktowe w osiedlach do 850 m, w lasach do 600 m.

Pożary na podanych odległościach występują jedynie przy suchej, letniej i przejrzystej pogodzie. Przy dużych mgłach i zadymieniach oraz w czasie deszczu odległości te będą znacznie mniejsze.

13. Zagrożenie bronią neutronową systemu łączności dywizji występuje we wszystkich rodzajach działań bojowych, zarówno w pierwszym jak i w drugim rzucie operacyjnym armii, gdyż stanowiska dowodzenia są opłacalnymi obiektami dla broni neutronowej, a nieprzyjaciel dysponuje środkami przenoszenie ładunków o zasięgu taktycznym i operacyjno-taktycznym.

14. Analiza poszczególnych czynników rażenia broni neutronowej wskazuje, że broń ta może być użyta zarówno w działaniach zaczepnych jak i obronnych.

Duży promień rażenia promieniowaniem neutronowym /do 1700 m przy 1kt/ siły żywej, znajdującej się poza ukryciami i w środkach opancerzonych powoduje, że ok. dziesięcioma uderzeniami neutronowymi wykonanymi na ugrupowanie bojowe dywizji np. na rubieży wejścia do walki może całkowicie załamać jej natarcie.

Porażenie ludzi oraz obezwładnienie okresowe broni pancernej /czołgów BWP/ na skutek dużej aktywacji promieniotwórczej opancerzenia, a także brak terenu skażonego umożliwia nieprzyjacielowi wykonanie kontrnatarcia bezpośrednio po uderzeniach neutronowych lub natarcia w przypadku gdy nasza dywizja znajdowała się w obronie.

II WPŁYW SKUTKÓW UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ NA DZIAŁANIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI /DZ, DPanc/

1. Struktura organizacyjna polowego systemu łączności dywizji

Pod względem struktury organizacyjno-technicznej wykorzystywany aktualnie system łączności dywizji jest systemem kompleksowym. Charakteryzuje się on między innymi tym, że:

- usługi łączności i wykorzystywanie środków łączności jest kompleksowe i ogólnodostępne dla wszystkich uprawnionych do korzystania osób;
- stosuje się środki łączności pierwszej i drugiej generacji;
- środki łączności są połączone ze sobą /sprzężone/ w jednolitą sieć;
- komutacja kanałów łączności, odbywa się ręcznie;
- środki łączności posiadają dużą mobilność /większość zamontowana na pojazdach mechanicznych/;
- część relacji łączności jest automatycznie utajniona;
- tylko część środków łączności przystosowana jest do pracy w warunkach skażeń pola walki.

W perspektywie, przewiduje się zastosowanie "zintegrowany system łączności". Ma się on charakteryzować między innymi:

- pełną integracją techniki i usług w relacjach;
- człowiek - człowiek, człowiek - maszyna, maszyna - maszyna;
- wprowadzenie środków łączności trzeciej i czwartej generacji o dużej przepustowości i niezawodności oraz wysokiej wierności przekazywania wiadomości;
- zastosowaniem automatycznej komutacji kanałów łączności;
- powszechnym, automatycznym utajnianiem kanałów łączności;
- wysoką mobilnością środków i urządzeń łączności;
- przystosowaniem środków łączności do pracy w warunkach użycia broni masowego rażenia.

System łączności dywizji składa się z następujących elementów:

- węzłów łączności : stanowiska dowodzenia /WŁ SD/, tyłowego stanowiska dowodzenia /WŁ TSD/ i wysuniętego stanowiska dowodzenia /WŁ WSD/ dywizji, a także węzły łączności stanowisk dowodzenia podległych oddziałów i pododdziałów;

- sieci i kierunków łączności radiowej i radiotelefonicznej;
- kierunków radioliniowych i przewodowych;
- kierunków oraz dróg okrężnych wojskowej poczty polowej.

Zasadniczymi elementami systemu łączności są węzły łączności, które stanowią zespół sił i środków łączności rozwiniętych w określonym rejonie w celu zapewnienia łączności dowódcy, sztabowi i szefom rodzajów wojsk oraz kwatermistrzowi i szefowi służb technicznych dywizji z przełożonymi, podwładnymi oraz organami dowodzenia współdziałających związków /oddziałów/.

Węzeł łączności stanowiska dowodzenia dywizji rozwija się w odległości do 1 km od grupy dowodzenia.

Normy rozmieszczania od linii styczności wojsk oraz wymagane powierzchnie na rozwinięcie stanowisk dowodzenia i ich węzłów łączności, rozwijanych na szczeblu dywizji, a także w oddziałach i pododdziałach przedstawiono w załączniku 16 i 17.

1.1 Siły i środki przeznaczone do organizacji systemu łączności dywizji

Za organizację i prawidłowe funkcjonowanie systemu łączności dywizji odpowiada bezpośrednio szef wydziału łączności dywizji.

Za terminowe rozwinięcie, techniczne urządzenie i eksploatację węzła łączności oraz przemieszczanie jego sił i środków do kolejnych rejonów rozmieszczenia odpowiada szef węzła łączności.

Węzły łączności dywizyjnych stanowisk dowodzenia /DZ, DPanc/ rozwijane są przede wszystkim siłami i środkami batalionu łączności uzupełnionymi dodatkowo siłami i środkami baterii dowodzenia szefa artylerii, kompanii dowodzenia i rozpoznania szefa OPL, batalionu rozpoznania, plutonu łączności GDL WLA oraz plutonu SOAS szefa zabezpieczenia chemicznego. Z wyżej wymienionych pododdziałów do rozwijania i eksploatacji węzłów łączności angażowane są przede wszystkim wozy dowódczo-sztabowe, radiostacje i stacje radioliniowe.

Batalion łączności dywizji posiada na swym wyposażeniu siły i środki umożliwiające jednoczesne rozwinięcie węzła łączności SD, WSD i TSD oraz dodatkowy komplet węzłowych aparatowni telefoniczno-telegraficznych stanowiących odwód do rozwinięcia w kolejnym położeniu węzła łączności SD lub WSD /69/.

1.2 Struktura organizacyjna i rozmieszczenie elementów węzłów łączności stanowisk dowodzenia dywizji

Węzeł łączności stanowiska dowodzenia jest głównym węzłem łączności w systemie łączności każdego szczebla dowodzenia. Węzeł ten jest najbardziej rozbudowany pod względem wyposażenia organizacyjno-technicznego, dlatego też w dalszych rozważaniach zostanie szczegółowiej rozpatrzony i wykorzystany jako podstawa do dalszej analizy.

W strukturze węzła łączności SD dywizji występują następujące elementy /zał. 18/:

- stacja telefoniczna;
- stacja telegraficzna;
- grupa środków radiowych;
- grupa teletransmisyjnych środków radioliniowych i przewodowych;
- stacja łączności specjalnej;
- ekspedycja węzła łączności;
- stacja zasilania;
- wojskowa stacja pocztowa.

Stacja telefoniczna jest przeznaczona /poprzez realizację procesów komutacyjnych/ do zapewnienia jawnej i utajnionej telefonicznej łączności dalekosiężnej oraz jawnej łączności wewnętrznej na SD dywizji.

W skład stacji telefonicznej wchodzą:

- centrala telefoniczna jawna, umożliwiająca podłączenie i komutację 100 jednotorowych łączy telefonicznych /wewnętrznych z SD dywizji i dalekosiężnych/;
- centrala telefoniczna utajniona, umożliwiająca podłączenie i komutację 15 łączy dalekosiężnych i 20 łączy abonenckich;
- kablowa sieć telefoniczna wewnętrzna stanowiska dowodzenia jawna;
- kablowa sieć telefoniczna wewnętrzna stanowiska dowodzenia niejawna.

Centrale telefoniczne jawne i utajnione zamontowane są w aparatowni telefonicznej transmisji informacji typu ATF - TI.

Stacja telegraficzna jest przeznaczona do zapewnienia komutowanej łączności telegraficznej jawnej i utajnionej między SD dywizji, a SD i ZSD armii, SD sąsiednich dywizji oraz telegraficznej łączności jawnej między SD dywizji, a SD podległych

oddziałów.

W skład stacji telegraficznej wchodzą:

- centrala telegraficzna jawna, umożliwiająca podłączenie i komutację do 23 łączy telegraficznych;
- centrala telegraficzna utajniona, umożliwiająca podłączenie i komutację czterech dwutorowych dalekosiężnych łączy telegraficznych;
- kablowa sieć telegraficzna wewnętrzna jawna.

Kablowej sieci telegraficznej wewnętrznej niejawnej przy obecnej strukturze organizacyjnej WŁ SD dywizji nie rozwija się.

Centrale telegraficzne jawna i utajniona zamontowane są w aparatowni telegraficznej specjalnej typu ATg-SA.

Aparatownie telefoniczną /ATf-TI/ i telegraficzną /ATg-SA/ rozwija się w pobliżu siebie w centralnym punkcie węzła łączności gdzie istnieje największe skupienie abonentów felefonicznych.

Grupa środków radiowych przeznaczona jest do zapewnienia dowódcy dywizji i organom dowodzenia rozmieszczonym w rejonie SD dywizji łączności telefonicznej, telegraficznej i teleinformatycznej /uwierniona łączność telegraficzna/ utajnionej i nieutajnionej z przełożonym, podległymi oddziałami /pododdziałami/ i współdziałającymi związkami, a także pomiędzy punktami dowodzenia dywizji.

W skład grupy środków radiowych wchodzą:

- radiostacje średniej mocy;
- przenośne radiostacje małej mocy;
- radiostacje wozów dowodzenia, PPD-3 i SOAS;
- odbiorniki radiowe.

Radiostacje średniej mocy rozwija się grupami, po 3-4 radiostacje w odległości między grupami ok. 2 km.

Radiostacje średniej mocy w przypadku sterowania nimi za pomocą linii kablowej mogą być oddalone od 1 do 3 km od miejsc pracy osób funkcyjnych /grupy dowodzenia bojowego/, natomiast w przypadku sterowania nimi za pomocą radiostacji i radiolinii wozów dowodzenia mogą być rozmieszczone w odległości 3 do 5 km.

Radiostacje przenośne i wozy dowodzenia są rozmieszczane w bezpośredniej bliskości miejsc pracy osób funkcyjnych /w rejonie grupy dowodzenia bojowego SD/.

Srodki radiowe na szczeblu dywizji pracują autonomicznie, tzn. bez powiązania ze środkami radioliniowymi, radiotelefonicznymi

i przewodowymi węzła łączności oraz są wykorzystywane indywidualnie przez określone osoby funkcyjne, zarówno na postoju jak i w ruchu.

Praca przez środki radiowe z punktów wynośnych może być realizowana na odległość do 500 m, przy zapewnieniu zdalnego przełączania radiostacji z odbioru na nadawanie i powyżej 500 m /1 do 3 km/ bez możliwości zdalnego przełączania radiostacji z odbioru na nadawanie /w takim przypadku przełączania dokonuje obsługa radiostacji/.

Indywidualne sterowanie radiostacją średniej mocy z wozów dowodzenia, za pomocą radiostacji UKF małej mocy i radiolinii może być realizowane na odległość:

- w ruchu do 3 km za pomocą radiostacji małej mocy i do 1 km za pomocą stacji radioliniowej;
- na postoju do 5 km za pomocą radiostacji małej mocy i do 15 km stacji radioliniowej.

Grupa teletransmisyjnych środków radioliniowych i przewodowych przeznaczona jest do zapewnienia dalekosiężnej łączności radioliniowej i przewodowej z SD dywizji do SD /ZSD/ armii, SD sąsiednich dywizji, pozostałych punktów dowodzenia dywizji /WSD i TSD/ i SD podległych oddziałów.

W skład grupy teletransmisyjnych środków radioliniowych i przewodowych wchodzą:

- samodzielne stacje radioliniowe /R-409 i R-405Z/;
- radiolinie zainstalowane w aparatowniach łączności;
- radiolinie zainstalowane w wozach dowodzenia;
- aparatownia łączności dalekosiężnej AŁD-3.

Samodzielne stacje radioliniowe rozmieszczone są w rejonie węzła łączności w odległościach od 200 do 400 m od central telefonicznych i telegraficznych. Natomiast aparatownia łączności dalekosiężnej w odległości 100 do 200 m od tych central. Odległości te uwarunkowane są możliwościami ilościowymi i czasowymi rozwijania kabli telefoniczno-telegraficznych /TTWK 5X2/ służących do połączenia kanałów telefonicznych i telegraficznych ze stacji radioliniowych i aparatowni dalekosiężnej do odpowiednich central.

Stacja łączności specjalnej przeznaczona jest do utajniania /i odtajniania niejawnych wiadomości przesyłanych, w nieutajnionych łączach telegraficznych, przez techniczne środki

łączności, między SD dywizji a SD/ZSD/ armii.

Stację łączności specjalnej na SD dywizji stanowi aparatownia urządzeń specjalnych /typu AUS/, wyposażona w odpowiednie urządzenia szyfrujące i kodujące oraz dalekopisy.

Aparatownię urządzeń specjalnych rozmieszcza się w rejonie węzła łączności /w pobliżu centrali telegraficznej/.

Ekspedycja węzła łączności jest przeznaczona do kierowania obiegiem korespondencji pisemnej w ramach stanowiska dowodzenia dywizji i jego węzła łączności, przesyłanej za pośrednictwem technicznych środków łączności /z wyjątkiem szyfrogramów, które są przechowywane /i odbierane/ bezpośrednio do /od/ stacji szyfrowej/.

Ekspedycję węzła łączności rozmieszcza się w rejonie węzła łączności, bliżej grupy dowodzenia SD dywizji.

Stacja zasilania jest przeznaczona do zasilania urządzeń środków łączności oraz oświetlenia miejsc pracy osób funkcyjnych na węźle łączności SD dywizji.

W skład polowej stacji zasilania /typu SZ-4/ wchodzą:

- zespół prądotwórczy typu PAD-8, zamontowany w specjalnym samochodzie ciężarowo-terenowym;
- kablowa sieć energetyczna /kable trójfazowe oponowe typu OP4x4 lub OW4x4/.

Wszystkie stacje i aparatownie łączności rozwinięte na węźle łączności SD dywizji włącza się do ogólnej, jednolitej sieci energetycznej, przeznaczonej do ich zasilania, oświetlenia i ogrzewania.

Ponadto stacje i aparatownie łączności oraz wozy dowódczo-sztabowe posiadają własne awaryjne źródła zasilania, które wykorzystuje się do zasilania w przypadku awarii stacji zasilającej lub do czasu rozwinięcia sieci energetycznej, a także w ruchu.

Wojskowa stacja pocztowa jest przeznaczona do przyjmowania, przesyłania i dostarczania poczty tajnej i jawnej /służbowej/ do oddziałów i pododdziałów dywizji oraz dostarczania czasopism, wydawnictw i materiałów propagandowo - agitacyjnych, a także świadczenia usług łączności w zakresie przesyłania poczty jawnej /prywatnej/ na rzecz zarejestrowanych jednostek wojskowych i ich składu osobowego we wszystkich rodzajach działań bojowych.

W skład wojskowej stacji pocztowej wchodzi:

- ekspedycja poczty tajnej /samochód specjalny/;
- ekspedycja poczty jawnej /samochód specjalny/;
- punkt wymiany poczty polowej /samochód dostawczy i specjalny/;
- zespół kursów pocztowych /grupa samochodów osobowo-terenowych i dostawczych oraz śmigłowce lotnictwa łącznikowego/.

Ekspedycję poczty tajnej i jawnej oraz samochody osobowo-terenowe i dostawcze zespołu kursów pocztowych rozmieszcza się w pobliżu grupy dowodzenia SD dywizji, natomiast punkt wymiany poczty polowej organizowany jest na lądowisku dla śmigłowców. Rejon na lądowisko wybiera się poza SD /w odległości 1 do 1,5 km/ tak aby lądowanie i stant śmigłowców nie demaskowały stanowiska dowodzenia /69/.

Przykład rozmieszczenia elementów węzła łączności na SD dywizji przedstawiono w załączniku 19.

Zasady rozmieszczania poszczególnych elementów węzła łączności na pozostałych stanowiskach dowodzenia dywizji /WSD i TSD/ oraz w oddziałach i pododdziałach są podobne jak na SD dywizji /przedstawiono je w załącznikach 21, 22 i 23/. Różnica występuje w ilości tych elementów /jest ich mniej/, w związku z tym wielkość poszczególnych rejonów rozmieszczenia jest mniejsza i bardziej zbliżone są do grupy dowodzenia bojowego.

2. Analiza wpływu skutków użycia broni neutronowej na siłę żywą i poszczególne rodzaje środków łączności występujące w systemie łączności dywizji

2.1 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na siłę żywą systemu łączności dywizji

Siłę żywą w systemie łączności stanowią obsługi /załogi/ środków i urządzeń łączności, osoby funkcyjne oraz pododdziały zabezpieczenia technicznego, tyłowego i medycznego elementów systemu łączności.

Podczas rozwijania systemu łączności prawie cały stan osobowy znajduje się poza ukryciami.

W czasie eksploatacji rozwiniętego systemu łączności obsługi środków i urządzeń łączności znajdują się w aparatowniach /stacjach/ łączności i samochodach specjalnych oraz w wozach

dowodzenia, natomiast osoby funkcyjne - w większości w jednej z aparatowni /stacji/ swojej grupy lub autobusach sztabowych. Nieznaczną część stanu osobowego stanowią żołnierze tyłowego zabezpieczenia i służba dyżurno-ochronna elementów systemu łączności, którzy znajdują się poza aparatowniami łączności.

W warunkach dużego zagrożenia użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia w aparatowniach /stacjach/ łączności znajdują się obsługi dyżurno-eksploatacyjne natomiast zmiany odpoczywające - w ukryciach /schronach, szczelinach/ jeśli takie zostały wykonane. Cały stan osobowy powinien mieć w gotowości do użycia środki ochrony indywidualnej przed bronią masowego rażenia.

Jak wynika z analizy czynników rażenia wybuchów neutronowych /tabela 40/, zasadniczym czynnikiem rażenia siły żywej jest promieniowanie neutronowe.

Aparatownie /stacje/ łączności, autobusy sztabowe i inne samochody specjalne oraz samochody osobowo -terenowe i ciężarowe - nie stanowią prawie żadnej ochrony przed promieniowaniem neutronowym, natomiast wozy dowodzenia na transporterach opancerzonych i bojowych wozach piechoty - chronią w bardzo małym stopniu /współczynnik osłabienia promieniowania transporterów opancerzonych i BWP bez wykładziny przeciwneutronowej wynosi 1,2, a z wykładziną - 1,5/.

W związku z tym stan osobowy elementów systemu łączności znajdujący się w wszelkiego rodzaju pojazdach nie ukrytych / nie okopanych/ - należy traktować /w stosunku do bezpośredniego promieniowania neutronowego/ jako "ludzie nie ukryci".

Promienie stref rażenia ludzi po wybuchu neutronowym przedstawiono w tabeli 21 i 40 oraz na rysunku 37.

Promień strefy utraty zdolności bojowej żołnierzy po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt wynosi około 1500 m.

Odkryte obiekty fortyfikacyjne /przy powietrznych wybuchach neutronowych/ osłabiają promieniowanie neutronowe 1,5 do 3 razy, co wyraża się w zmniejszeniu promienia rażenia ludzi ok. 200 m. Tylko obiekty fortyfikacyjne przykryte /tabela 41/ w dużym stopniu chronią przed promieniowaniem neutronowym /promień rażenia ludzi zmniejsza się 3 do 4 krotnie/.

Obsługi środków i urządzeń łączności oraz osoby przebywające w pojazdach mogą również zostać porażone prądem elektrycznym

w przypadku zetknięcia się z nieizolowanymi przedmiotami metalowymi /obudowa pojazdu lub inne przedmioty/ na skutek zaindukowania się w nich wysokich napięć pod wpływem działania impulsu elektromagnetycznego.

Stopień niebezpieczeństwa porażenia prądem elektrycznym zależy przede wszystkim od wielkości natężenia prądu przepływającego przez tkanki organizmu ludzkiego. Wielkość prądu będzie zależała od wielkości napięcia występującego na urządzeniu oraz od wielu innych czynników, takich jak: stan naskórka, wielkość powierzchni styku z elementami będącymi pod napięciem, samopoczucie człowieka, własności otaczającego ośrodka itp.

W Polsce przyjęto uważać za napięcie bezwzględnie bezpieczne, napięcie do 24 V prądu stałego lub przemiennego. Napięcia wyższe od 24 V są niebezpieczne dla zdrowia i życia ludzkiego, gdyż wielkość natężenia prądu przepływającego przez ciało człowieka pod wpływem takiego napięcia, w określonych warunkach, może spowodować porażenie śmiertelne /30 T-III str. 15/.

Ogólnie przyjmuje się, że prąd o natężeniu poniżej 10 mA nie jest groźny dla zdrowia, natomiast prąd powyżej 70 mA jest niebezpieczny dla życia ludzkiego.

Bardzo ważnym elementem zabezpieczenia przed porażeniem prądem elektrycznym jest uziemienie nadwozia pojazdów i izolowanie wszystkich przełączników w urządzeniach elektronicznych.

2.2 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność radiową, radioliniową i radiotelefoniczną

Środki radiowe, wykorzystywane są na wszystkich szczeblach dowodzenia /w wozach bojowych, wozach dowodzenia, aparatowniach łączności i przenośne/.

Środki radioliniowe i radiotelefoniczne wykorzystuje się od szczebla oddziału wzwyż.

Łączność radiowa, radioliniowa i radiotelefoniczna wykorzystywana jest we wszystkich rodzajach działań bojowych dywizji. Łączność radiowa i radiotelefoniczna wykorzystywana jest zarówno na postoju jak i w ruchu, natomiast łączność radioliniowa wykorzystywana jest głównie na postoju.

Warunkiem zapewnienia ciągłej łączności jest przede wszystkim sprawność środków i urządzeń radioelektronicznych oraz dobrze wyszkolona obsługująca je załoga.

Wybuchy neutronowe nie powodują większych zakłóceń w rozprzestrzenianiu się fal elektromagnetycznych wykorzystywanych w systemie łączności dywizji.

Skutki użycia broni neutronowej mają bardzo poważny wpływ na sprawność środków i urządzeń radioelektronicznych i elektronicznych.

Zasadniczymi czynnikami rażenia środków i urządzeń rodioelektronicznych po wybuchu neutronowym są: promieniowanie neutronowe i impuls elektromagnetyczny.

Jak wykazały badania, przeprowadzone w Związku Radzieckim i w Polsce /między innymi przez WIChiR/ najbardziej wrażliwe na promieniowanie neutronowe są elementy półprzewodnikowe /niektóre typy tranzystorów, diody oraz całe podzespoły wykonane na obwodach scalonych, a także niektóre typy kondensatorów/.
Te najbardziej wrażliwe detale elektroniczne na promieniowanie neutronowe decydują o odporności i sprawności całej aparatury nadawczo-odbiorczej oraz możliwości zapewnienia łączności radiowej, radioliniowej czy radiotelefonicznej.

Promienie stref możliwych uszkodzeń i zniszczeń detali radioelektronicznych na skutek promieniowania neutronowego po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wyskości 150 m przedstawiono na rysunku 2 i 3.

Jak wynika z rysunku 3 strefa zniszczeń wrażliwszych detali elektronicznych występuje w promieniu do 850 m od centrum wybuchu, natomiast możliwe zniszczenia - w promieniu do 1000 m, a zmiana charakterystyk elektrycznych detali /nieodwracalna/, która może spowodować wadliwą pracę lub uszkodzenie aparatury - do 1250 m.

Biorąc pod uwagę fakt, że detale elektroniczne znajdują się w aparaturze umieszczonej wewnątrz obudowy i zamontowanej w samochodzie specjalnym lub w transporterze opancerzonym następuje nieznaczne osłabienie strumienia neutronów działającego na te detale.

W związku z tym, za strefę zniszczeń /uszkodzeń/, a więc strefę utraty właściwości użytkowych detali elektronicznych /w nie okopanych pojazdach/ na skutek promieniowania neutronowego, po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m - można przyjąć wartość średnią - promień 950 m, jest to promień strefy, w której następuje natychmiastowa śmierć ludzi /ponad 5000 R/.

Promieniowanie neutronowe nie powoduje niszczenia urządzeń antenowych.

Godny podkreślenia jest fakt, że promieniowanie neutronowe występujące po wybuchu neutronowym o mocy 1kt nie powoduje uszkodzenia lamp elektronowych /próżniowych/, na których pracowały radiostacje starego parku. W warunkach zagrożenia użycia broni neutronowej radiostacje starego parku mogą stanowić skuteczny odwód /rezerwę/ i być wykorzystane do odtwarzania naruszonego systemu łączności po użyciu broni neutronowej przez nieprzyjaciela.

Jeszcze bardziej niebezpieczny dla urządzeń radioelektronicznych niż promieniowanie neutronowe może okazać się /mniej dotychczas zbadany/ impuls elektromagnetyczny.

Impuls elektromagnetyczny występujący podczas każdego wybuchu jądrowego /neutronowego i atomowego/ powoduje zaindukowanie się we wszystkich przewodach, antenach i liniach kablowych dużych napięć będących źródłem dużych prądów, które mogą dokonać wielkich zniszczeń w środkach i urządzeniach radioelektronicznych i elektronicznych. Należy tu podkreślić, że urządzenia elektroniczne występują nie tylko w środkach łączności ale we wszystkich pojazdach i urządzeniach automatyki dowodzenia.

2.2.1 Wpływ impulsu elektromagnetycznego wybuchów neutronowych na obwody antenowe środków radioelektronicznych

W ruchomych radiostacjach małej mocy, zarówno przenośnych jak i pokładowych wykorzystuje się te same anteny jako nadawczo-odbiorcze, natomiast w radiostacjach średniej i dużej mocy wykorzystuje się zazwyczaj oddzielne anteny do nadawania i do odbioru.

Wykaz anten wykorzystywanych na szczeblu dywizji do różnych środków radioelektronicznych przedstawiono w załączniku 24.

Anteny nadawcze i odbiorcze /nadawczo-odbiorcze/ podłączane są do aparatury nadawczo-odbiorczej poprzez układy dopasowujące oporności wejściowe anteny do oporności wejściowej /wyjściowej/ odbiornika /nadajnika/.

Układami dopasowującymi są najczęściej transformatory wielkiej częstotliwości.

W związku z tym, że radiostacje w dużo większym stopniu

wykorzystywane są do pracy na odbiór niż na nadawanie, oraz że obwody odbiorcze dostosowane są do odbioru sygnałów o bardzo małym poziomie napięcia /rzędu kilku mikrowolt/, obwody wejściowe odbiornika są bardziej narażone na uszkodzenie niż obwody wyjściowe nadajnika. Dlatego też dokładniejszej analizie zostaną poddane obwody wejściowe odbiornika.

Należy podkreślić, że w radiostacjach wojskowych często te same obwody /elementy/ radiostacji wykorzystywane są do nadawania i do odbioru /praca w układzie tranziwerowym/.

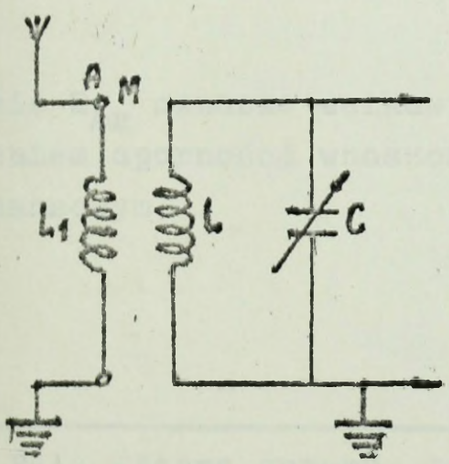
Istnieje bardzo wiele różnych rodzajów układów wejściowych i wyjściowych.

Do ogólnej oceny wpływu impulsu elektromagnetycznego na obwody antenowe autor posłuży się dwoma typowymi przykładami obwodów antenowych wykorzystywanych w radiostacjach wojskowych /48/:

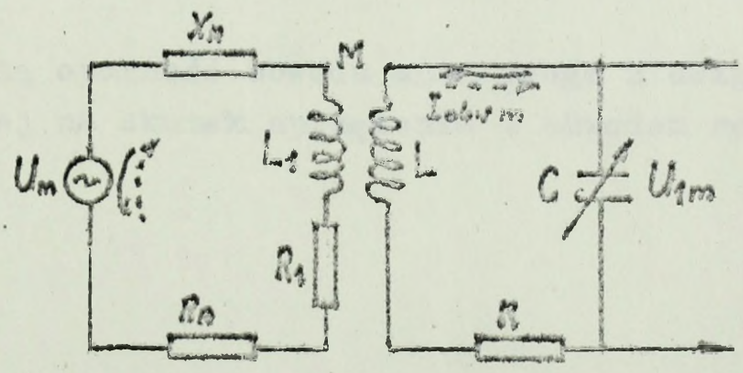
- układ o sprzężeniu indukcyjnym anteny z obwodem rezonansowym /rys. 28/;
- układ o sprzężeniu pojemnościowym anteny z obwodem rezonansowym /rys. 31/.

Analiza odporności obwodu antenowego o sprzężeniu indukcyjnym na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego

Przy sprzężeniu indukcyjnym anteny z obwodem rezonansowym /48 str. 595/, w obwód anteny włączona jest cewka indukcyjna L_1



Rys. 28 Schemat sprzężenia indukcyjnego anteny z obwodem rezonansowym



Rys. 29 Układ równoważny anteny w przypadku sprzężenia indukcyjnego

/rys. 28/, która jest sprzężona z cewką L zamkniętego obwodu rezonansowego LC. Zwykle obie cewki są nawinięte na wspólny korpus tworząc transformator wielkiej częstotliwości.

Układ równoważny anteny w przypadku sprzężenia indukcyjnego przedstawiony na rysunku 29.

W układzie równoważnym /rys. 29/ obwód antenowy przedstawiony został w postaci parametrów skupionych: reaktancji wejściowej X_A i rezystancji R_A oraz indukcyjność L_1 wraz ze swoją rezystancją R_1, a także źródło siły elektromotorycznej U_m, która powstaje w antenie pod wpływem natężenia pola elektromagnetycznego powstającego po wybuchu neutronowym.

Wartość siły elektromotorycznej powstającej w antenie U_m, można w przybliżeniu określić z iloczynu natężenia pola elektromagnetycznego E_{max} i wysokości skutecznej anteny h_{sk}.

Dla fal radiowych przyjmuje się h_{sk} = /0,25 do 0,5/l, gdzie l - długość geometryczna anteny.

Dla fali impulsu elektromagnetycznego, która jest dużo większa od długości fali własnej anteny *) /$\lambda_0 = 4 \cdot l$ / można przyjąć $h_{sk} = 0,2\ l$, a wartość sem powstałej w antenie można obliczyć ze wzoru

$$U_m = E_{max} \cdot h_{sk} = E_{max} \cdot 0,2\ l \qquad /18/$$

Pod działaniem tej sem w antenie popłynie prąd

$$I_{Am} = \frac{U_m}{Z_{Ar}} \qquad /19/$$

gdzie Z_{Ar} oznacza całkowitą oporność obwodu antenowego z uwzględnieniem oporności wnoszonej na skutek sprzężenia z obwodem rezonansowym.

---

*) Fala własna anteny, to najmniejsza częstotliwość rezonansowa odpowiadająca częstotliwości drgań własnych /48 str. 159/.

Prąd ten przepływając przez cewkę L_1 indukuje w cewce L siłę elektromotoryczną /94 str. 599/

$$U_{obw.\,m} = I_{Am}\omega M = \frac{U_m}{Z_{Ar}}\omega M \qquad /20/$$

gdzie: M - współczynnik indukcyjności wzajemnej cewek $M = k\sqrt{L_1 L}$;
k - współczynnik sprzężenia między cewkami.

Do oceny wpływu impulsu elektromagnetycznego zostanie obliczony przykładowo tylko obwód antenowy /bardziej narażony na uszkodzenie/, z pominięciem oporności wnoszonej na skutek sprzężenia z obwodem rezonansowym, jako że oporność ta może być uwzględniona w obwodzie rezonansowym. W tym przypadku prąd płynący w obwodzie antenowym możemy obliczyć ze wzoru

$$I_{Am} = \frac{U_m}{Z_A} \qquad /21/$$

gdzie Z_A - impedancja obwodu antenowego

$$Z_A = \sqrt{/R_A + R_1/^2 + /X_A + X_L/^2} \qquad /22/$$

Rezystancja anteny R_A jest głównie sumą rezystancji promieniowania i rezystancji strat w ziemi i dla fal radiowych jest ona rzędu dziesiątków omów /10 do 40 omów/ /48/str. 230/.

Rezystancja promieniowania R_{pr} w antenach jest rezystancją użyteczną i im większa jest jej wartość w porównaniu z rezystancjami strat, tym większy jest współczynnik sprawności anteny η_n

$$\eta_n = \frac{R_{pr}}{R_{pr} + R_{str}} = \frac{R_{pr}}{R_A} \qquad /23/$$

gdzie R_{str} - rezystancja strat w antenie.

Rezystancja promieniowania anteny zależy od długości fali roboczej.

Podczas pracy radiostacji na antenie krótkiej w porównaniu z długością fali rezystancję promieniowania anteny można w przybliżeniu obliczyć ze wzoru /48 str. 180/

$$R_{pr} = 1600 \left(\frac{h_{sk}}{\lambda}\right)^2 \quad /\text{omy}/ \qquad /24/$$

gdzie h_{sk} - wysokość skuteczna anteny. Dla fal radiowych UKF przyjmuje się połowę wysokości geometrycznej anteny /$h_{sk} = 0{,}5\ l$ /.

Długość fali radiowej można obliczyć przy pomocy wzoru

$$\lambda_{/m/} = \frac{300}{f\ /MHz/} \qquad /25/$$

- dla f = 1 - 8 MHz, λ = 300 - 37,5 m;
- dla f = 5 MHz, λ = 60 m;
- dla f = 1,5 - 10 MHz, λ = 200 - 30 m;
- dla f = 1,5 - 30 MHz, λ = 200 - 10 m;
- dla f = 1,5 - 60 MHz, λ = 200 - 5 m;
- dla f = 20 - 52 MHz, λ = 15 - 5,8 m.

Impuls elektromagnetyczny wybuchów neutronowych rozprzestrzenia się w powietrzu z szybkością ok. 0,9 szybkości światła /18/, a jego częstotliwość /przy maksimum natężenia/ wynosi ok. 20kHz. Zatem długość fali dla tej częstotliwości wyniesie

$$\lambda_{imp} = \frac{0{,}9 \cdot 300}{0{,}02} = 13500 \text{ m.}$$

Dla anteny o długości 1,5 m rezystancja promieniowania wyniesie:

- dla fali λ = 1,5 m

$$R_{pr} = 1600 \left(\frac{0{,}5\ l}{\lambda}\right)^2 = 1600 \left(\frac{0{,}5 \cdot 1{,}5}{1{,}5}\right)^2 = 4{,}2 \text{ oma;}$$

- dla fali λ = 5,8 m

$$R_{pr} = 1600 \left(\frac{0{,}5 \cdot 1}{\lambda}\right)^2 = 1600 \left(\frac{0{,}5 \cdot 1{,}5}{5{,}8}\right)^2 = 27 \text{ omów.}$$

- dla impulsu elektromagnetycznego przy λ = 13500 m

$$R_{pr} = 1600 \left(\frac{0{,}2 \cdot 1}{\lambda}\right)^2 = 1600 \left(\frac{0{,}2 \cdot 1{,}5}{13500}\right)^2 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ oma.}$$

Dla anteny o długości 4 m rezystancje promieniowania obliczone przy pomocy wyżej podanych wzorów odpowiednio wynoszą:

- dla fali λ = 1,5 m, R_{pr} = 28 omów;
- dla fali λ = 5,8 m, R_{pr} = 1,90 omów;
- dla fali λ = 60 m, R_{pr} = 0,6 oma;
- dla fali λ = 13500 m, R_{pr} = $5,5 \cdot 10^{-6}$ oma.

Jak wynika z obliczeń, rezystancja promieniowania anteny dla impulsu elektromagnetycznego spada około milion razy w porównaniu z rezystancją promieniowania mocy nadajnika. Współczynnik sprawności anteny spada prawie do zera. W obwodzie antenowym pozostaje rezystancja strat równa w przybliżeniu rezystancji uziemienia R_z wynosząca ok. 10 omów

$$R_A = R_{str} = R_z \approx 10 \text{ omów.}$$

Reaktancję wejściową anteny można obliczyć przy pomocy następującego wzoru /48 str. 176/

$$X_{we} = -Z \operatorname{ctg}\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l\right) \qquad /26/$$

gdzie: Z - impedancja falowa anteny / dla anten prętowych impedancja falowa wynosi średnio ok. 75 omów/.

Reaktancja wejściowa anteny o długości l = 4 m i impedancji falowej Z = 75 omów, obliczona dla różnej długości fali wynosi:

- dla impulsu elektromagnetycznego przy λ = 13500 m $X_{we} = -43000$ omów;
- dla fal radiowych:
  - dla 1 MHz / λ = 300 m/, $X_{we} = -1070$ omów*) ;
  - dla 1,5 MHz / λ = 200 m/, $X_{we} = -600$ omów;
  - dla 5 MHz / λ = 60 m/, $X_{we} = -168$ omów;

---

*) Znak /-/ przy wartości reaktancji wejściowej /X_{we} / oznacza charakter pojemnościowy, a znak /+/ - indukcyjny.

- dla 8 MHz / λ = 37,5 m/, X_{we} = - 95 omów;
- dla 10 MHz / λ = 30 m/, X_{we} = - 67 omów;
- dla 20 MHz / λ = 15 m/, X_{we} = + 7,5 oma;
- dla 30 MHz / λ = 10 m/, X_{we} = + 103 omy;
- dla 52 MHz / λ = 5,8 m/, X_{we} = - 30 omów;
- dla 60 MHz / λ = 5 m/, X_{we} = - 24 omy.

Reaktancja wejściowa anteny dla fali impulsu elektromagnetycznego jest przeszło tysiąc razy większa niż dla fal radiowych UKF i KF. Reaktancja ta posiada charakter pojemnościowy, ponieważ fale impulsu elektromagnetycznego są dużo dłuższe od fali własnej anteny / λ_0 = 4 l = 16 m/.

Wraz ze zwiększaniem się reaktancji wejściowej anteny zmniejsza się moc czerpana z nadajnika. Ze zmniejszaniem mocy czerpanej z nadajnika proporcjonalnie zmniejsza się moc promieniowania.

W czasie oddziaływania impulsu elektromagnetycznego może mieć miejsce chwilowe zakłócenie promieniowania mocy nadajnika na określonych częstotliwościach.

Pojemność anteny C_A w stosunku do ziemi lub nadwozia pojazdu można obliczyć przy pomocy następującego wzoru /48 str. 174/

$$C_A = \frac{1}{X_{we} \cdot \omega} = \frac{1}{X_{we} \cdot 6,28 \cdot f} \qquad /27/$$

Obliczone przy pomocy wzoru /27/ pojemności anteny wynoszą:

- dla impulsu elektromagnetycznego, dla f = 20 kHz, C_A = 0,2nF;
- dla fal radiowych:
  - dla 1 MHz, C_A = 0,1 nF;
  - dla 1,5 MHz, C_A = 0,2 nF;
  - dla 5 MHz, C_A = 0,2 nF;
  - dla 8 MHz, C_A = 0,2 nF;
  - dla 10 MHz, C_A = 0,2 nF;
  - dla 20 MHz, C_A = 0,1 nF;
  - dla 30 MHz, C_A = 0,1 nF;
  - dla 52 MHz, C_A = 0,1 nF;
  - dla 60 MHz, C_A = 0,1 nF.

Jak wynika z obliczeń pojemność anteny dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego jest prawie takiej samej wielkości jak dla częstotliwości radiowych /wielkość pojemności nie zależy od częstotliwości/.

Reaktancję anteny dla różnych częstotliwości można obliczyć przy pomocy wzoru

$$X_A = \frac{1}{\omega \cdot C_A} = \frac{1}{6{,}28 \cdot f \cdot C_A} \quad /\text{omy}/ \qquad /28/$$

Obliczone przy pomocy wzoru /28/ reaktancje anteny dla różnych częstotliwości wynoszą:

- dla impulsu elektromagnetycznego, dla f = 20 kHz X_A = 40000 omów;
- dla częstotliwości radiowych X_A wynosi:
  - dla 1 MHz, X_A = 1600 omów;
  - dla 1,5 MHz, X_A = 700 omów;
  - dla 5 MHz, X_A = 160 omów;
  - dla 8 MHz, X_A = 100 omów;
  - dla 10 MHz, X_A = 80 omów;
  - dla 20 MHz, X_A = 8 omów;
  - dla 30 MHz, X_A = 50 omów;
  - dla 52 MHz, X_A = 30 omów;
  - dla 60 MHz, X_A = 26 omów.

Jak wynika z przedstawionych obliczeń pojemnościowa reaktancja anteny dla częstotliwości radiowych przedstawia małą oporność, natomiast dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego stanowi ona bardzo duży opór /ok. 40 kiloomów/, co ograniczy wielkość przepływającego prądu o tych częstotliwościach.

Maksymalną wartość prądu przepływającą w obwodzie antenowym podczas nadawania, dla różnych mocy nadajników, można określić w sposób przybliżony przy pomocy następującego wzoru

$$I = \sqrt{\frac{P}{X_A}} \quad /A/ \qquad /29/$$

gdzie: P – moc na wyjściu nadajnika /W/;

X_A – reaktancja anteny określona dla dolnego i górnego zakresu częstotliwości.

Obliczone przy pomocy wzoru /29/ maksymalne wartości prądów dla radiostacji o różnych mocach odpowiednio wynoszą:

- dla P = 2 W, f = 20 – 52 MHz, I_{max} = 0,26 – 0,5 A;
- dla P = 20 W, f = 20 – 52 MHz, I_{max} = 0,8 – 1,6 A;
- dla P = 40 W, f = 1,5 – 10 MHz, I_{max} = 0,24 – 0,7 A;
- dla P = 75 W, f = 20 – 52 MHz, I_{max} = 1,6 – 3,1 A;
- dla P = 200 W, f = 1 – 8 MHz, I_{max} = 0,35 – 1,4 A;
- dla P = 1000 W, f = 1,5 – 30 MHz, I_{max} = 1,2 – 4,5 A;
- dla P = 1000 W, f = 1,5 – 60 MHz, I_{max} = 1,2 – 6,2 A.

Średnicę drutu nawojowego cewek antenowych dla poszczególnych mocy radiostacji można określić przy pomocy następującego wzoru /95 str. 52/

$$d = 1,13\sqrt{\frac{I}{\varsigma}} \quad /mm/ \qquad /30/$$

gdzie: d – średnica drutu nawojowego cewki /mm/;

I – wartość prądu przepływającego przez cewkę /A/;

ς – gęstość prądu /A/mm^2/.

Średnie gęstości prądów dla transformatorów i cewek, przy pracy ciągłej przyjmuje się dla mocy do 75 W – 2 do 3 A/mm^2, dla mocy od 75 do 300 W – 1,5 A/mm^2, od 300 do 1000 W – 1,2 A/mm^2.

Określone przy pomocy podanego wzoru średnice drutu nawojowego cewek antenowych dla danej mocy nadajnika oraz dopuszczalnego prądu płynącego przez daną cewkę, przy założonej gęstości, określonej przy pomocy tabeli podanej w pracy / 14 str. 36 / orientacyjnie wynoszą:

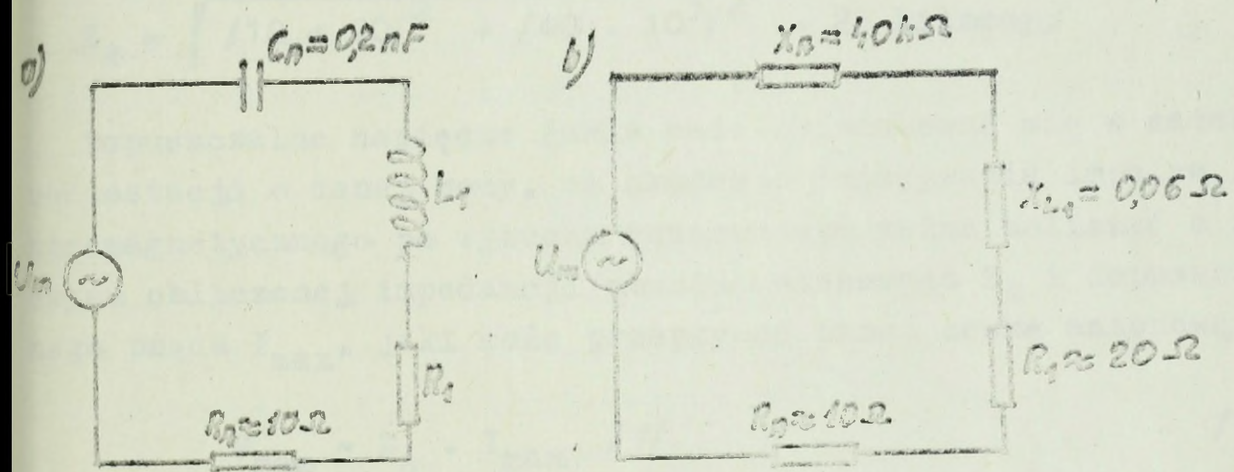
- dla P = 2 W, /UKF/, d = 0,6 mm, I_{max} = 0,7 A;
- dla P = 20 W, /UKF/, d = 1,0 mm, I_{max} = 1,96 A;
- dla P = 40 W, /KF /, d = 0,6 mm, I_{max} = 0,96 A;

- dla P = 75 W, /UKF/, d = 1,3 mm, I_{max} = 3,3 A;
- dla P = 200 W, /KF /, d = 1,1 mm, I_{max} = 1,9 A;
- dla P = 1.000 W, /KF /, d = 2,2 mm, I_{max} = 7,6 A;
- dla P = 1.000 W, /UKF/, d = 2,6 mm, I_{max} = 10,6 A.

Określenie dopuszczalnej wartości sem zaindukowanej w antenie dla danej mocy nadajnika

Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego powstałego w wyniku wybuchu neutronowego reaktancja anteny posiada charakter pojemnościowy.

Układ równoważny obwodu antenowego w przypadku sprzężenia indukcyjnego dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego /f = 20 kHz/ przedstawiono na rysunku 30.



Rys. 30 Układ równoważny obwodu antenowego w przypadku sprzężenia indukcyjnego dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego

Wartości indukcyjności cewek włączanych w obwód antenowy wynoszą najczęściej od dziesiętnych części mikrohenma do kilkudziesięciu mikrohenrów, a ich rezystancje - od kilku do kilkudziesięciu omów.

Jeżeli przyjąć, że cewka indukcyjna włączona w obwód antenowy posiada indukcyjność L_1 = 0,5 μH, a jej rezystancja R_1 = 20 omów, to dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego f = 20 kHz, reaktancja tej cewki wyniesie

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 6,28 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7} = 0,06 \text{ oma},$$

natomiast dla $L_1 = 50$ H, $X_{L_1} = 6$ omów.

Jak wynika z obliczeń reaktancja cewki /niezależnie od jej wartości indukcyjności/ jak również rezystancje występujące w obwodzie antenowym dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego są bardzo małe w porównaniu z reaktancją anteny.
W związku z tym, w przypadku sprzężenia indukcyjnego o wielkości przepływającego prądu w obwodzie antenowym decydować będzie reaktancja anteny.

Przyjmując założone wartości elementów obwodu antenowego przedstawione na rys. 30b impedancja obwodu antenowego Z_A wyniesie

$$Z_A = \sqrt{/R_A + R_1/^2 + /X_L - X_A/^2} \approx \sqrt{/R_A + R_1/^2 + /X_A/^2}$$

$$Z_A = \sqrt{/10 + 20/^2 + /40 \cdot 10^3/^2} = 22 \text{ kiloomy.}$$

Dopuszczalne napięcie jakie może indukować się w natenie radiostacji o danej mocy, na skutek oddziaływania impulsu elektromagnetycznego po wybuchu neutronowym można obliczyć z iloczynu obliczonej impedancji obwodu antenowego Z_A i dopuszczalnego prądu I_{max}, jaki może przepływać przez cewkę antenową.

$$U_{max} = Z_A \cdot I_{max} \quad /V/ \qquad /31/$$

Dla mocy P = 2 W, $I_{max} = 0{,}7$ A, dopuszczalne napięcie w antenie może wynosić

$$U_{max} = 22 \cdot 10^3 \cdot 0{,}7 = 15{,}4 \cdot 10^3 \text{ V} = 15{,}4 \text{ kV}.$$

Obliczone w ten sposób dopuszczalne napięcie w natenie dla poszczególnych mocy radiostacji wyniesie:

- dla P = 2 W, /UKF/, U_{max} = 15,4 kV;
- dla P = 20 W, /UKF/, U_{max} = 43,0 kV;
- dla P = 40 W, /KF /, U_{max} = 21,0 kV;
- dla P = 75 W, /UKF/, U_{max} = 72,6 kV;

- dla P = 200 W, /KF /, U_{max} = 41,8 kV;
- dla P = 1000 W, /KF /, U_{max} = 167,2 kV;
- dla P = 1000 W, /UKF/, U_{maxx} = 233,2 kV;

Jak wynika z dotychczasowych obliczeń, przy sprzężeniu indukcyjnym anteny z obwodem antenowym, o dopuszczalnym napięciu zaindukowanym w antenie decyduje odporność cewki antenowej na przepalenie, czyli dopuszczalny prąd jaki może przepłynąć przez uzwojenie cewki. O dopuszczalnej wielkości tego prądu decyduje przekrój drutu nawojowego cewki. Im przekrój drutu nawojowego cewki jest większy, tym może przepływać przez nią większy prąd.

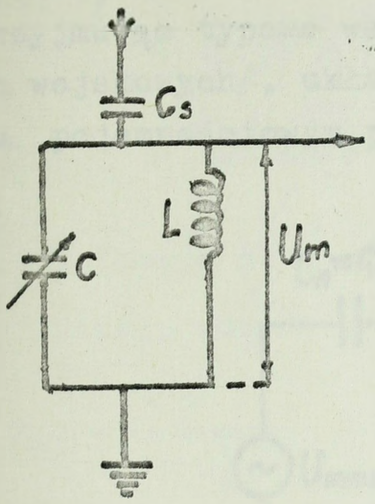
Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m, w 4 m antenie prętowej napięcie 15,4 kV zaindukuje się / tabela 28/ w odległości ok. 1450 m, 21 kV - w odległości 1300 m, natomiast w odległości do 500 m od centrum wybuchu maksymalne napięcie jakie może zaindukować się w 4 m antenie wynosi ok. 32 kV.

Stąd wynika wniosek, że radiostacje o sprzężeniu indukcyjnym anteny o mocy do 2 W /R-105, R-108, R-109/ mogą bezpiecznie pracować w odległości od 1450 m, radiostacje pokładowe o mocy 40 W /KF/ - w odległości od 1300 m od centrum wybuchu. Dla pozostałych radiostacji wojskowych o większych mocach /R-118, R-137, R-140/ podczas pracy na antenach prętowych do 4 m, impuls elektromagnetyczny powstający po wybuchu neutronowym o mocy 1kt nie powinien spowodować uszkodzenia obwodów antenowych.

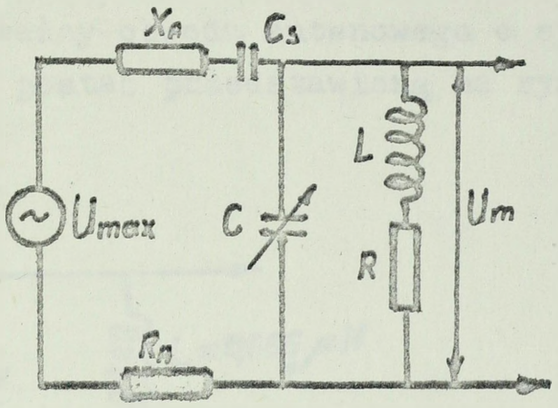
Analiza odporności obwodu antenowego o sprzężeniu pojemnościowym na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego

Przy sprzężeniu pojemnościowym antena podłączona jest do obwodu poprzez kondensator sprzęgający C_s /rys. 31/ o niewielkiej pojemności /zwykle około kilkudziesięciu pikofaradów/, który połączony jest mechanicznie z obwodem rezonansowym LC.

Schemat sprzężenia pojemnościowego anteny z obwodem rezonansowym przedstawiono na rys. 31, a jego układ równoważny - na rys. 32.



Rys. 31 Schemat sprzężenia pojemnościowego anteny z obwodem rezonansowym



Rys. 32 Układ równoważny anteny przy sprzężeniu pojemnościowym

W układzie równoważnym anteny przy sprzężeniu pojemnościowym /rys. 32/ parametry skupione obejmują: X_A – reaktancja wejściowa anteny; R_A – rezystancja anteny; U_{max} – źródło siły elektromotorycznej, które powstaje w antenie pod wpływem natężenia pola elektromagnetycznego powstającego po wybuchu neutronowym; C_s – kondensator sprzęgający antenę z obwodem rezonansowym; C i L – elementy obwodu rezonansowego;; R – rezystancja cewki indukcyjnej.

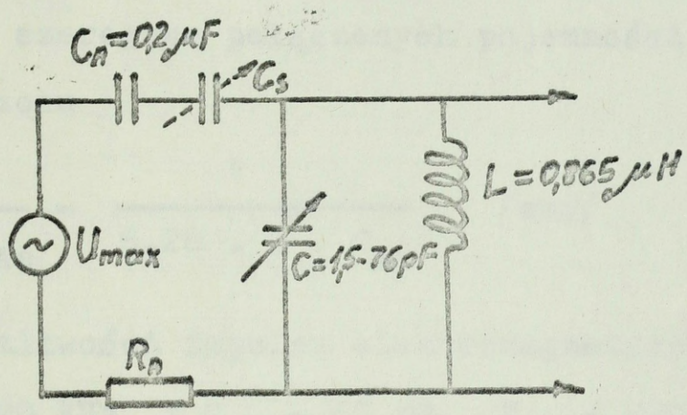
Reaktancja anteny, dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego ma charakter pojemnościowy. Obliczona wartość pojemności 4 m anteny prętowej w stosunku do ziemi lub nadwozia pojazdu wynosi od 0,1 do 0,2 nF.

Stosowane w radiostacjach wojskowych pojemności kondensatorów sprzęgających C_s i w obwodzie rezonansowym C posiadają wartości od kilku do kilkudziesięciu pikofaradów.

Stosowane pojemności w obwodzie rezonansowym są zawsze o zmiennej pojemności /regulowane/, natomiast pojemności sprzęgające są różne, o stałej i zmiennej pojemności /np. w R-107 – o zmiennej pojemności/.

Wartości indukcyjności w obwodzie rezonansowym są rzędu od dziesiętnej części do kikudziesięciu mikrohenrów /w R- 107, L = 0,865 μH/.

Przyjmując typowe wartości elementów stosowane w radiostacjach wojskowych/, układ równoważny obwodu antenowego o sprzężeniu pojemnościowym przyjmie postać przedstawioną na rys. 33.



Rys. 33 Układ równoważny anteny przy sprzężeniu pojemnościowym

C_A - pojemność anteny,

R_A - rezystancja anteny,

C_s - pojemność sprzęgająca:

C_s = 40 pF - stała, lub

C_s = 1,5 do 80 pF - zmienna.

Określenie impedancji obwodu antenowego przy sprzężeniu pojemnościowym

Przy częstotliwości impulsu elektromagnetycznego /f = 20 kHz/ reaktancja poszczególnych elementów wyniesie:

$$X_A = \frac{1}{\omega \cdot C_A} = \frac{1}{6,28 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-9}} = 40 \text{ kilbomów.}$$

Wypadkowa wartość szeregowo połączonych pojemności anteny C_A i sprzęgającej C_s obliczamy ze wzoru:

$$C_{As} = \frac{C_A \cdot C_s}{C_A + C_s} \qquad /32/$$

Dla C_s = 40 pF - C_{As} = 40 pF;

Dla C_s = 1,5 do 80 pF - C_{As} = 1,4 do 80 pF.

Reaktancję szeregowo połączonych pojemności X_{As} obliczamy przy pomocy wzoru

$$X_{As} = \frac{1}{\omega C_{As}} = \frac{1}{6{,}28 \cdot f \cdot C_{As}} \qquad /omy/$$

Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego X_{As} wynosi:

- dla f = 20 kHz i C_{As} = 40 pF, X_{As} = 200 kiloomów;
- dla f = 20 kHz i C_{As} = 1,4 pF, X_{As} = 6 megaomów;
- dla f = 20 kHz i C_{As} = 80 pF, X_{As} = 100 kiloomów.

Dla częstotliwości radiowych reaktancja X_{As} wyniesie:

- dla f = 1,5 MHz i C_{As} = 40 pF, X_{As} = 3 kiloomy;
- dla f = 10 MHz i C_{As} = 40 pF, X_{As} = 400 omów;
- dla f = 20 MHz i C_{As} = 40 pF, X_{As} = 200 omów;
- dla f = 52 MHz i C_{As} = 40 pF, X_{As} = 80 omów.

Jak wynika z obliczeń wartość szeregowo włączonej w stosunku do źródła reaktancji X_{As} zależy od częstotliwości. Im wyższa częstotliwość tym jej oporność maleje.

Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego stanowi bardzo duży opór, od 100 kiloomów do 6 megaomów.

Reaktancję obwodu rezonansowego możemy obliczyć przy pomocy wzoru

$$X_{LC} = \frac{X_L \cdot X_C}{X_L + X_C} = \frac{\omega L \cdot \left(\frac{1}{-\omega C}\right)}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} \qquad /33/$$

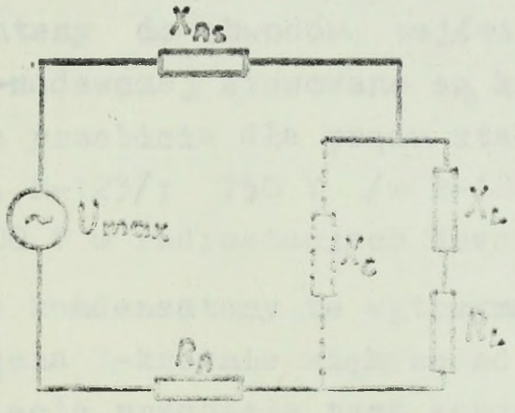
Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego f = 20 kHz oraz L = 0,865 μH i C = 40 pF, reaktancja X_{LC} wyniesie:

$$X_L = \omega L = 6{,}28 \cdot f \cdot L = 0{,}1 \text{ oma},$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot f \cdot C} = 200 \text{ kiloomów},$$

$$X_{LC} = 0{,}1 \text{ oma}.$$

Jak wynika z obliczeń reaktancja obwodu rezonansowego dla prądu impulsu elektromagnetycznego stanowi bardzo małą oporność. Cewka zwiera pojemność, powodując utworzenie /w przybliżeniu/ szeregowego układu zastępczego obwodu antenowego, przedstawionego na rysunku 34.



Rys. 34 Układ równoważny obwodu antenowego o sprzężeniu pojemnościowym dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego

R_A — rezystancja anteny /ok. 10 omów/,

R_L — rezystancja cewki /ok. 20 omów/.

Impedancję całego obwodu antenowego Z_A można obliczyć przy pomocy wzoru

$$Z_A = \sqrt{/R_A + R_L/^2 + /X_{As} + X_{LC}/^2}$$

Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego, dla f = 20 kHz, X_{As} = 200 kiloomów, X_{LC} = 0,1 oma, R_A = 10 omów

oraz R_L = 20 omów.- impedancja obwodu antenowego Z_A = 170 kiloomów. Jest to oporność bardzo duża, która ograniczałaby wielkość prądu jaka popłynęłaby w obwodzie antenowym. Jednak w tym przypadku o odporności obwodu antenowego na przepięcia decydować będzie kondensator sprzęgający antenę z obwodem. Dopuszczalna wartość napięcia jaka może zaindukować się w antenie będzie zależeć od napięcia przebicia kondensatora sprzęgającego zamontowanego w danym urządzeniu radioelektronicznym.

W przypadku przebicia kondensatora sprzęgającego C_s, w obwodzie antenowym popłynie prąd, którego wielkość będzie ograniczona głównie przez opór reaktancyjny anteny, gdyż cewka obwodu rezonansowego stanowi bardzo małą oporność dla prądu o częstotliwości impulsu elektromagnetycznego.

W wojskowych środkach radioelektronicznych, w urządzeniach dopasowujących anteny do obwodów wejściowo-wyjściowych aparatury odbiorczo-nadawczej stosowane są kondensatory o różnej wartości napięcia przebicia dla prądu stałego i przemiennego, od 500 V /w K-1, R-123/; 750 V /w R-107, R-405Z/; 2500 V /w R-130/ do 6000 V w radiostacjach średniej mocy.

Przyjmując, że kondensatory te wytrzymają krótkotrwałe impulsowe przepięcia 7-krotnie większe od podanego//znamionowego/, to impulsowe napięcia przebicia tych kondensatorów odpowiednio wyniosą: 3,5 kV; 5,25 kV; 17,5 kV i 42 kV.

W przypadku przebicia kondensatora sprzęgającego w obwodzie antenowym utworzy się układ szeregowy jak przy sprzężeniu indukcyjnym, w którym popłynie prąd o wartości

$$I_{max} = \frac{U_C}{Z_A} \quad /A/$$

Dla podanych przykładowo napięć przebicia kondensatorów U_C i obliczonej dla sprzężenia indukcyjnego impedancji obwodu antenowego /Z_A = 22 kiloomy/ wielkość prądu w tym obwodzie wyniesie:

- dla U_C = 3,5 kV, I_{max} = 0,16 A;
- dla U_C = 5,25kV, I_{max} = 0,24 A;

- dla U_C = 17,5 kV, I_{max} = 0,8 A;
- dla U_C = 42,0 kV, I_{max} = 1,9 A.

Krótkatrwały impuls prądu o takiej wielkości nie spowoduje uszkodzenia cewki indukcyjnej występującej w obwodzie antenowym. Po przekroczeniu tych napięć może nastąpić zniszczenie kondensatora sprzęgającego.

Jeżeli jako kondensator sprzęgający zastosowano kondensator o stałej pojemności, to przy określonym dla niego napięciu przebicia może nastąpić przebicie i trwałe jego uszkodzenie, natomiast w przypadku zastosowania kondensatorów o zmiennej pojemności /powietrznych/ po przebiciu powietrza nastąpi rozładowanie zaindukowanej w antenie sem ale płytki kondensatora nie ulegną uszkodzeniu.

Zatem, przy sprzężeniu pojemnościowym anteny z obwodem antenowym o wielkości dopuszczalnego napięcia zaindukowanego w antenie będzie decydować:

- przy stałych kondensatorach sprzęgających - wielkość napięcia przebicia tego kondensatora ;
- przy kondensatorach o zmiennej pojemności /powietrznych/ - dopuszczalny prąd jaki może przepłynąć przez uzwojenie cewki obwodu rezonansowego /jak przy sprzężeniu indukcyjnym/.

Obliczone wartości dopuszczalnych napięć zaindukowanych w antenie pod wpływem oddziaływania impulsu elektromagnetycznego można przyjąć jako granicę bezpiecznej pracy danego środka radioelektronicznego, w warunkach użycia broni neutronowej. Po zaindukowaniu się w antenie większego napięcia impulsowego niż obliczone jako graniczne może nastąpić uszkodzenie obwodu antenowego /przebicie kondensatora sprzęgającego/.

Podczasa wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m, w 4 m antenie prętowej napięcie 3,5 kV zaindukuje się w odległości ok. 2,8 km; 5,25 kV - w odległości ok. 2,3 km; 17,5 kV - w odległości ok. 1,4 km od centrum wybuchu. Napięcie 42 kV, podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, w 4 m antenie nie zaindukuje się. Maksymalna wartość w odległości do 0,5 km wynosi 32 kV /tabela 28/.

2.2.2 Oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego na pozostałe elementy środków radioelektronicznych

Trudno określić jednoznacznie promień strefy utraty właściwości użytkowej środków radioelektronicznych na skutek działania impulsu elektromagnetycznego.

Każdy element /detal/ teletechniczny zastosowany w urządzeniu radioelektronicznym przystosowany jest do ściśle określonych warunków pracy /parametrów elektrycznych/.

Napięcia pracy detali są różne, od miliwoltów do kilkudziesięciu a nawet kilkuset woltów. Im stopień integracji elementów jest wyższy, a więc im nowocześniejsze urządzenia, tym niższe napięcia pracy i tym bardziej całe urządzenie jest wrażliwe na przepięcia.

Maksymalne napięcia pracy tranzystorów produkcji krajowej wynoszą od kilku do 30 V, a produkcji zagranicznej - od kilku do 100 V, natomiast maksymalne prądy - od kilku do kilkudziesięciu miliamperów, tylko niektóre typy - od 100 mA do 3A.

Maksymalne napięcia zwrotne diod germanowych produkcji krajowej wynoszą od 10 do 100 V, a niektórych - do 400 V, natomiast maksymalny prąd średni wynosi 16 mA, a niektórych typów - 100 do 300 mA /74 str. 127-130/.

Te najbardziej czułe elementy teletechniczne zastosowane w danym urządzeniu radioelektronicznym decydują o wrażliwości na uszkodzenie całego środka łączności, na skutek przepięć i przeciążeń prądowych od impulsu elektromagnetycznego.

Uszkodzenia w układach scalonych występują już od kilku woltów do 50 V, a układy bardziej odporne - przy 40 do 100 V /94 str. 189/.

Biorąc pod uwagę bardzo krótki czas działania impulsu elektromagnetycznego / 10^{-6}s/ detale te mogą wytrzymać przepięcia od 5 do 7 razy większe niż wynosi wartość znamionowa.

Przyjmując wartość średnią maksymalnego napięcia pracy tranzystorów 20 V oraz możliwość wytrzymania krótkotrwałych przepięć impulsowych do 7-krotnej wartości znamionowej, można przyjąć dopuszczalne średnie napięcia impulsowe pracy tranzystorów ok. 140 V.

Eksperymentalnie zbadane w Związku Radzieckim /4/, właściwości ochronne materiałów izolacyjnych kabli wskazują, że kable ekranowane i kable zbrojone stalowymi taśmami osłabiają oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego na przewody 10-krotnie.

Jeżeli przyjąć, że obudowy urządzeń elektronicznych oraz nadwozia pojazdów, w których zamontowane są te urządzenia osłabiają oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego również 10-krotnie, to urządzenia te mogą bezpiecznie pracować przy natężeniu pola elektromagnetycznego impulsu do ok. 1400 V/m.
Natężenie takie występuje po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m - w odległości ok. 3,1 km od centrum wybuchu /tabela 16/.

Biorąc pod uwagę brak zabezpieczeń przed przepięciami i przeciążeniami prądowymi w aktualnie wykorzystywanych środkach radioelektronicznych, za napięcie możliwych uszkodzeń detali półprzewodnikowych, czyli początek strefy możliwej utraty właściwości użytkowych urządzeń można przyjąć natężenie pola elektromagnetycznego 1400 V/m. Są to dane przybliżone /szacunkowe/, bowiem w dostępnej literaturze nie podaje się żadnych wiadomości na ten temat.

Środki radioelektroniczne pobierają zasilanie swych urządzeń elektronicznych z centralnego źródła zasilania /stacja zasilania rozwijana w rejonie węzła łączności/ lub z zespołów prądotwórczych będących na wyposażeniu każdej aparatowni /stacji/ łączności. Zespoły prądotwórcze o napięciu 220V 50 Hz lub 380V 50 Hz łączone są z aparatowniami /stacjami/ kablami energetycznymi różnej długości.

Po wybuchu neutronowym impuls elektromagnetyczny ogarnia swym zasięgiem wszystkie kable i przewody. W kablach energetycznych zaindukuje się dodatkowe napięcie dodające się do napięcia zasilania, które może spowodować przepięcia i przepływ nadmiernych prądów, powodujących przepalenie elementów zabezpieczających. Urządzenia radioelektroniczne posiadają zabezpieczenia przed przeciążeniami od strony źródeł zasilania, w postaci bezpieczników topikowych.

Czas spalania bezpieczników topikowych z sygnalizacją optyczną lub elektryczną jest dość długi, natomiast bez sygnalizacji - krótki .

Na przykład czas spalania bezpiecznika bez sygnalizacji, na prąd znamionowy 0,6 A wynosi od 400 s do kilka setnych sekundy /54/. Czas narastania do maksymalnej wartości impulsu elektromagnetycznego wynosi 10^{-6} sekundy.

Z porównania tych dwóch czasów wynika wniosek, że impuls prądu, wywołany impulsem elektromagnetycznym przeniknie do obwodów zasilanych, zanim zdąży przepalić się bezpiecznik i może spowodować ich uszkodzenie.

W niektórych aparatowniach nowszego typu np. w stacji radioliniowej R - 409 M1 istnieją układy zabezpieczenia przed przeciążeniem w obwodach zasilania stacji. Zespół elementów zabezpieczenia zasilacza jest przeznaczony do zabezpieczenia stabilizatora napięcia przed przeciążeniem lub przed krótkimi zwarciami. Zabezpiecza on także obwody tranzystorowe w całej aparaturze przed przekroczeniem znamionowego napięcia zasilania ponad 10%, w przypadku uszkodzenia zasilacza.

Zespół zabezpieczeń powoduje automatyczne odłączenie układu stabilizatora od źródła zasilania w razie zwiększenia się prądu obciążenia na jednym z dowolnych wyjść zasilacza o 1,5-2 razy w stosunku do wartości znamionowej.

Ponowne włączenie zasilania po ustaniu przeciążenia odbywa się mechanicznie /wyłącznikiem/. Brak bliższych danych o czasie reakcji i odłączania obwodów zasilacza przez zespół zabezpieczenia nie pozwala określić jego skuteczności zabezpieczenia przed impulsem elektromagnetycznym.

Wszystkie aparatownie /stacje/ i urządzenia łączności posiadają zabezpieczenia przed przepięciami i przeciążeniami prądowymi od strony liniowej /stacyjnej/, w postaci odgromników i bezpieczników stacji topikowych. Ze względu na bardzo krótki czas działania impulsu elektromagnetycznego zabezpieczenia te mogą nie zabezpieczyć w pełni aparatury elektronicznej przed jego rażącym działaniem.

O odporności całych urządzeń radioelektronicznych na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego decydują pojedyncze, te najbardziej wrażliwe elementy, które mogą ulec uszkodzeniu przy najniższym natężeniu pola elektromagnetycznego.

Jak wynika z dotychczasowej analizy, podczas wybuchu

ładunku neutronowego o mocy 1kt już w odległości ok. 3 km od centrum wybuchu w urządzeniach radioelektronicznych mogą wystąpić uszkodzenia niektórych elementów półprzewodnikowych oraz kondensatorów w obwodach antenowych. W miarę zbliżania się do centrum wybuchu ilość uszkodzeń będzie wzrastać. Począwszy od ok. 1500 m należy się liczyć z przepalaniem cewek i transformatorów dopasowujących w obwodach antenowych ow. radiostacjach UKF o mocy do 2 W, a przy 1300 m w radiostacjach UKF pokładowych o mocy 20 W..

W radiostacjach średniej mocy, podczas pracy na antenach prętowych po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt impuls elektromagnetyczny nie powinien spowodować uszkodzenia obwodów antenowych, jednak na bliższych odległościach od centrum wybuchu należy się liczyć z możliwością uszkodzenia elementów półprzewodnikowych oraz uszkodzenia izolacji /i zwarcia/ niektórych przewodów instalacyjnych w pojazdach.

Zasadnicza instalacja elektryczna w pojazdach specjalnych przystosowana jest do pracy przy dużych napięciach i prądach i nie powinna ulec uszkodzeniu pod wpływem impulsu elektromagnetycznego. Instalacja pomocnicza /przewody oświetleniowe, sygnalizujące, przy urządzeniach komutacyjnych/ przystosowana jest do mniejszych napięć.. Jej napięcie przebicia wynosi 500 V.

Jeżeli przyjąć, że instalacja ta wytrzyma chwilowe impulsowe przepięcie 7-krotnie większe /tak jak przyjmuje się dla kablowych linii łączności/, to instalacja ta powinna wytrzymać chwilowe impulsowe przepięcie do 3500 V / 83/. Przyjmując średnią długość przewodów instalacyjnych 4 m, i że nadwozie pojazdów specjalnych osłabi oddziaływanie impulsu dziesięciokrotnie /η = 10/, to zgodnie z wzorem /13/ napięcie 3500 V zaindukuje się w tych przewodach przy natężeniu pola elektromagnetycznego 8750 V/m.

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m, natężenie pola elektromagnetycznego 8750 V/m wystąpi w odległości ok. 1450 m od centrum wybuchu /tabela 16/..

Wymagania NATO zezwalają na budowę urządzeń elektronicznych wytrzymujących natężenie pola do 10 V/m /27 str. 99/.

Zakłada się więc, że podczas wybuchu jądrowego tylko niektóre elementy elektroniczne mogą ulec zniszczeniu.

Promień utraty właściwości użytkowych środków radioelektronicznych, na skutek porażenia impulsem elektromagnetycznym można zmniejszyć przez zastosowanie w obwodzie antenowym wyłączników elektronicznych /zwieraczy/, kondensatorów sprzęgających o wyższym napięciu przebicia, odpowiednich ochronników i ekranowanie szczególnie czułych podzespołów elektronicznych. Poza tym, powszechne wykorzystanie ukryć dla środków radioelektronicznych.

2.3 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność przewodową

Łączność przewodową dalekosiężną /między poszczególnymi stanowiskami dowodzenia/ wykorzystuje się głównie w stabilnych działaniach bojowych dywizji, szczególnie w obronie, a ponadto w rejonach wyjściowych do natarcia, w rejonach wyczekiwania itp., natomiast łączność przewodową wewnętrzną /abonencką i służbową/ wykorzystuje się zarówno w natarciu jak i w obronie, po rozwinięciu stanowiska dowodzenia. Łączność przewodową abonencką rozwija się w celu umożliwienia osobom funkcyjnym kompleksowego wykorzystania środków i urządzeń łączności bezpośrednio z miejsc pracy. Łączność przewodową służbową rozwija się w rejonie węzła łączności w celu połączenia środków i urządzeń łączności z centralą telefoniczną i telegraficzną oraz elementów węzła łączności między sobą, tworząc jednolity organizm, umożliwiający ich kompleksowe wykorzystanie, a także kierowanie pracą systemu łączności.

Do zapewnienia łączności przewodowej w polowym systemie łączności dywizji wykorzystuje się przede wszystkim wojskowe kable polowe typu PKL 1x2, PKA 1x2 oraz TTWK 5x2.

Do łączności przewodowej z przełożonym, Szefostwo Wojsk Łączności armii organizuje budowę linii kablowej przy pomocy kabla typu PKD 2x2.

Poza tym, w polowym systemie łączności dywizji mogą być okresowo wykorzystane telekomunikacyjne linie kablowe i napowietrzne linie stałe będące pod nadzorem Ministerstwa Łączności.

Zasadniczym czynnikiem rażenia linii kablowych i przewodowych po wybuchu ładunku neutronowego jest impuls elektromagnetyczny. Pozostałe czynniki rażenia oddziaływują na linie kablowe jedynie na bliższych odległościach od centrum wybuchu.

Wykorzystywane aktualnie w systemie łączności dywizji kable polowe / PKL 1x2, PKA 1x2 i TTWK 5x2/ nie posiadają w swym płaszczu ochronnym ekranu, co zwiększyłoby ich odporność na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego, jedynie kabel PKD 2x2 jest ekranowany.

Wytrzymałość elektryczna kabli polowych na przebicie wynosi: kabla PKL 1x2 - 600 V 50 Hz, pozostałych kabli - 1000 V 50 Hz, mierzona w ciągu 2 minut /46/.

Po wybuchu ładunku neutronowego w pobliżu rozwiniętych linii kablowych /przewodowych/ w odległości do 350 m od centrum wybuchu linie kablowe i przewodowe linie napowietrzne zostaną pozrywane na skutek działania fali uderzeniowej / tabela 4 /. W odległości od 350 do 600 m - należy się liczyć z powstawaniem pożarów przestrzennych i punktowych / załącznik 8 / zarówno w osiedlach jak i w lasach wywołanych promieniowaniem cieplnym, które mogą spowodować spalenie lub zwarcia nie ukrytych linii kablowych.

Promieniowanie przenikliwe może spowodować chwilową zmianę /obniżenie/ oporności izolacji, co może wpłynąć na obniżenie wytrzymałości elektrycznej na przebicie /11/.

Najbardziej niebezpieczny dla linii kablowych i przewodowych oraz dla podłączonych do nich urządzeń elektronicznych, staje się impuls elektromagnetyczny.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego impuls elektromagnetyczny rozchodzący się na dużych odległościach, powoduje zaindukowanie się we wszystkich liniach kablowych i przewodach napięć impulsowych, które mogą powodować przebicie izolacji lub przepływ wysokich prądów, powodując zwarcia lub uszkodzenie podłączonych do kabli urządzeń elektronicznych.

Wielkość napięć zaindukowana w liniach kablowych nieekranowanych po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m przedstawiono w tabeli 22.

W tabeli 22 podano obliczenia wartości różnicy potencjałów występującą pomiędzy początkiem i końcem kabla, różnica ta zmierzona w stosunku do ziemi będzie kilkakrotnie większa. Maksymalną wartość sem zaindukowaną na początku linii kablowej w odniesieniu do ziemi /ekranu/ po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt i 3kt na wysokości 150 m w różnych odległościach od centrum wybuchu przedstawiono w tabeli 24.

Oddziaływanie tych napięć na linie i aparaturę łączności jest analogiczne jak podczas wyładowań atmosferycznych /83/.

Czas oddziaływania impulsu na linie łączności podczas wybuchów neutronowych jest rzędu kilku mikrosekund.

Podczas oceny oddziaływania impulsu elektromagnetycznego na przewodowe środki łączności należy rozpatrzeć dwa pnzypadki:

- odporność linii kablowej na przepięcia;
- odporność urządzeń końcowych, podłączonych do końców danej linii kablowej na przeciążenia prądowe i przepięciowe.

Zgodnie z literaturą /83 str. 43/ wytrzymałość izolacji na impulsowe przepięcia przyjmuje się 7-krotną wartość napięcia przebicia podawaną w instrukcji /znamionową/ w odniesieniu do ziemi /ekranu/. Czyli kable o napięciu przebicia 1000 V 50 Hz powinny wytrzymać impulsowe przepięcia od impulsu elektromagnetycznego 7000 V. Napięcie 7 kV przyjmuje się jako dopuszczalne, powyżej tej wartości mogą wystąpić przebicia izolacji.

Przyjmując tą zasadę do linii kablowych aktualnie wykorzystywanych w naszym systemie łączności dywizji, dopuszczalne impulsowe przepięcia dla kabli polowych wyniesie: dla kabla PKL 1x2 - 4,2 kV, dla pozostałych kabli - 7 kV, w odniesieniu do ziemi.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m napięcia takie zaindukują się na początku linii kablowej, w odniesieniu do ziemi /tabela 24/: wartość 4,2 kV - w odległości ok. 2,9 km, a napięcie 7 kV - w odległości ok. 2,4 km od centrum wybuchu.

W polowych kablach dalekosiężnych ekranowanych /PKD 2x2, P-270/ indukuje się 2,5 razy mniejsze napięcie niż w nieekranowanych.

W kablach tych napięcie 7 kV zaindukuje się /przy q = 1 kt/ w odległości ok. 1,4 km od centrum wybuchu.

Odległości te w przybliżeniu pokrywają się z obliczeniami podanymi w literaturze /83 str. 44/*), /załącznik 15/.

Jeżeli kabel dalekosiężny ekranowany był kilkakrotnie zakopywany do ziemi /do 5 razy/ przy pomocy pługa kablowego, to współczynnik ekranizacji zmniejszy się / $\eta = 1$ /. W takim przypadku w kablu tym zaindukuje się napięcie - jak w kablu nieekranowanym /83 str. 42/.

W przypadku zaindukowania się w kablach napięć impulsowych przekraczających wartości dopuszczalnej dla danego kabla może wystąpić częściowe lub pełne przebicie izolacji.

Przy częściowym uszkodzeniu izolacji żył kabla może wystąpić przerwa w łączności na bardzo krótki okres czasu /do 1 sekundy/, do czasu samoustabilizowania się napięć w linii. Uszkodzenie takie nie wymaga wymiany kabla.

Przy pełnym uszkodzeniu izolacji konieczna jest wymiana uszkodzonych odcinków kabla.

Odporność liniowych urządzeń końcowych na przeciążenia jest znacznie mniejsza niż linii kablowych.

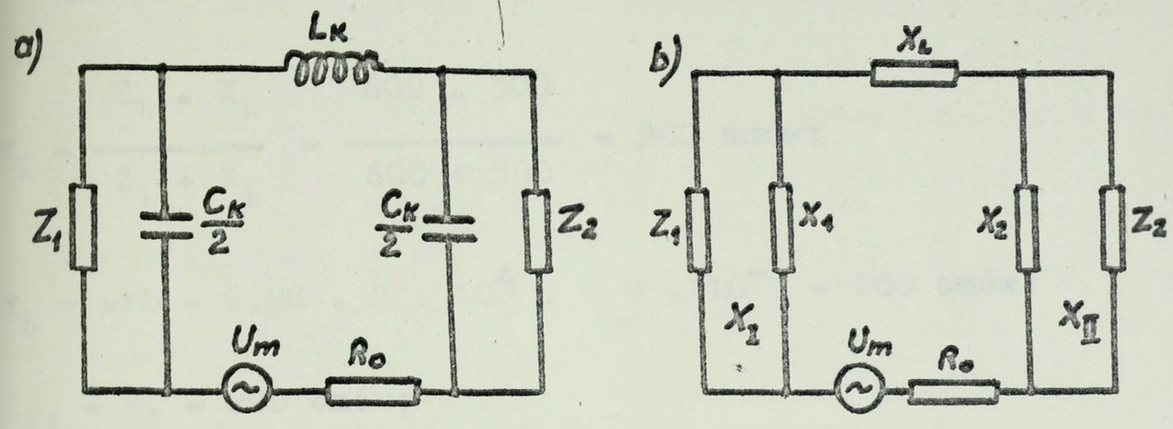
Dopuszczalną wielkość prądu jaki może popłynąć w dwuprzewodowej linii kablowej, pod wpływem zaindukowanej w niej siły elektromotorycznej można określić rozwiązując układ równoważny danej linii przedstawiony na rys. 35 /4 str. 472/.

W układzie równoważnym linii kablowej przedstawiono jej parametry w postaci skupionej : Z_1, Z_2 - impedancje obciążenia bliższego i dalszego końca /w odniesieniu do centrum wybuchu/; R_o - rezystancja dwóch żył /pętli / dla prądu stałego; C_k - pojemność między przewodami linii kablowej; L_k - indukcyjność linii dwuprzewodowej.

Jeżeli linia kablowa jest dłuższa od 1 km, to C_k i L_k podaje się dla linii o długości 1 km.

---

*) /83/ "Radio- i prowodnaja swiaź w usłowiach wysotnych jadiernych wzrywow" MO SSSR Moskwa 1968r.



Rys. 35 Układ równoważny dwuprzewodowej linii kablowej obciążonej z obydwóch końców

Elektroniczne urządzenia końcowe, lub przelotowe, którymi obciążone są linie kablowe posiadają znormalizowane układy wejściowe i wyjściowe, których impedancja najczęściej wynosi 600 omów.

Pojemność linii kablowej wynosi ok. 50 nF/km, a indukcyjność średnio ok. 0,8 mH/km /46/.

Rezystancja dwóch żył /pętli/ 1km kabla wynosi: dla kabla PKD 2x2 - 45 omów/km, dla PKA 1x2 - 50 omów/km, dla TTWK - 120 omów/km. i dla PKL 1x2 - 174 omy/km.

Znając wartości poszczególnych elementów układu równoważnego kabla /rys. 35/ można obliczyć impedancję całego kabla przy pomocy wzoru

$$Z_k = \sqrt{R_o^2 + /X_I + X_L + X_{II}/^2}$$

gdzie: $X_I = \frac{Z_1 \cdot X_1}{Z_1 + X_1}$; $X_{II} = \frac{Z_2 \cdot X_2}{Z_2 + X_2}$; $X_L = \omega L = 2\pi fL$.

Dla częstotliwości impulsu elektromagnetycznego przy f - 20 kHz, impedancja 1 km kabla wyniesie:

dla kabla PKD 2x2 i w przybliżeniu dla PKA 1x2

$$X_{1_1} = \frac{1_1}{\omega \cdot \frac{C_k}{2}} = \frac{1_1}{6{,}28 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 25 \cdot 10^{-9}} = 300 \text{ omów};$$

$$X_I = \frac{Z_{1_1} \cdot X_{1_1}}{Z_{1_1} + X_{1_1}} = \frac{600 \cdot 300}{600 + 300} = 200 \text{ omów};$$

$$X_L = \omega L = 6{,}28 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-3} = 100 \text{ omów};$$

$$X_{II} = X_I = 200 \text{ omów};$$

$$X_I + X_L + X_{II} = 200 + 100 + 200 = 500 \text{ omów}.$$

$$Z_k = \sqrt{50^2 + 500^2} = 503 \text{ omy}.$$

Obliczając w podobny sposób impedancję Z_k dla pozostałych kabli, odpowiednio otrzymamy:

- dla kabla TTWX - Z_k = 5[illegible] omów;
- dla kabla PKL 1x2 - Z_k = [illegible] omów.

Średnica drutu nawojowego w cewkach i transformatorach urządzeń liniowych i aparatów końcowych wynosi od 0,2 do 0,5 mm. Dopuszczalny prąd jaki może popłynąć przez te uzwojenia wynosi do 0,5 A /14 str. 36/.

Znając masymalny prąd i impedancję kabla można określić dopuszczalne napięcie jakie może zaindukować się w danym kablu przy pomocy wzoru

$$U_{max} = Z_k \cdot I_{max}$$

Wartości U_{max} dla poszczególnych kabli wyniosą:

- dla kabla PKD 2x2 i PKA 1x2 - U_{max} = 250 V,
- dla kabla TTWX - U_{max} = 260 V,
- dla kabla PKL 1x2 - U_{max} = 265 V.

Przyjmując za literaturą /83/ możliwości wytrzymania krótkotrwałych przepięć i przeciążeń nawet do 7-krotnej wartości podawanych dla przepięć dłuższych, dopuszczalne przepięcia impulsowe [illegible] w urządzeniach obciążających kabel na jego końcach pod wpływem impulsu elektromagnetycznego wyniosą:

- dla kabla PKD 2x2 i PKA 1x2 - U_{max} = 1.750 V,
- dla kabla TTWK - U_{max} = 1.800 V,
- dla labla PKL 1x2 - U_{max} = 1.855 V.

Ogólnie dla wszystkich kabli polowych można przyjąć średnią wartość U_{max} = 1.800 V. W takim przypadku, po pojawieniu się na wejści obciążenia kabla o impedancji 600 omów, impulsu napięcia 1.800 V, może przez uzwojenie cewki lub transformatora liniowego popłynąć impuls prądu o natężeniu do 3 A. Czyli przekroczyłby założoną na początku obliczeń wartość I_{max} = 0,5A sześciokrotnie.

Podczas wybuchu ładunku neutronowe[illegible]mocy 1kt na wysokości 150 m napięcie impulsowe 1.800 V, w o[illegible]eniu do ziemi, zaindukuje się na początku lini kablowej w odległości:

- w polowych kablach ekranowych /PKD, P-270/ ok. 2,9 km;
- w kablach nieekranowanych - ok. 4 km.

W literaturze radzieckiej /83/ podaje się, że dopuszczalna wartońć napięcia jakie może wystąpić z lnii na wejście liniowe aparatury wielokrotnej jest rzędu 2 - 3 kV w odniesieniu do ziemi.

Aby urządzenia liniowe obciążające linie kablowe mogły wytrzymać napięcie impulsowe do 7 kV, tak jak linie kablowe, wymagają zabezpieczenia ich w specjalne urządzenia podwyższające ich odporność na przeciążenia napięciowe i prądowe, w przeciwnym razie urządzenia obciążające linie kablowe ulegną uszkodzeniu.

2.4 Wpływ skutków użycia broni neutronowej na łączność środkami wojskowej poczty polowej

Łączność środkami wojskowej poczty polowej wykorzystuje się we wszystkich rodzajach działań bojowych dywizji, zarówno w ruchu jak i po rozwinięciu stanowisk dowodzenia.

Do zapewnienia łączności środkami wojskowej poczty polowej wykorzystuje się samochody osobowo-terenowe, samochody dostawcze oraz śmigłowce lotnictwa łącznikowego.

Zasadniczymi czynnikami rażenia środków wojskowej poczty polowej jest fala uderzeniowa oraz impuls elektromagnetyczny. Na bliższych odległościach również pozostałe czynniki rażenia.

Utrata właściwości użytkowych środków wojskowej poczty polowej na skutek działania fali uderzeniowej przedstawiono w tabeli 4.

Występujące za[illegible] pożary zarówno w miastach, osiedlach jak i w lasach mogą utrudnić poruszanie się pojazdów samochodowych po drogach. Brak skażenia promieniotwórczego atmosfery i terenu, po wybuchu neutronowym umożliwia bez większych ograniczeń korzystania z śmigłowców łącznikowych.

Promieniowanie neutronowe wybuchu neutronowego może pozbawić zdolności bojowej, a nawet życia obsługi środków wojskowej poczty polowej, natomiast nie powoduje uszkodzeń zasadniczych elementów elektrycznych pojazdu, takich jak akumulator, prądnica, rozrusznik, przekaźniki elektromagnetyczne /Rys. 2/. Zatem promieniowanie neutronowe nie powinno pozbawić właściwości użytkowych pojazdów samochodowach, natomiast śmigłowce łącznikowe mogą być pozbawione środków radiowych, co uniemożliwi ich użycie bez wymiany radiostacji.

Zasadnicza instalacja elektryczna pojazdu /obwody zasilania, prądnicy, rozrusznika/ przystosowana jest do przepływu wysokich prądów rzędu od kilku do kilkudziesięciu, a nawet kilkuset amperów, zatem jest dość odporna na działanie impulsu elektromagnetycznego. Mniej odporne są obwody oświetlenia, sygnalizacyjne, pomiarowe itp. Napięcie znamionowe występujące w tych obwodach wynosi njczęściej 12 V.

Przewody instalacyjne zakończeniowe posiadają zazwyczaj wytrzymałość elektryczną na przebicie 500 V.

Jeżeli przyjąć, że zniszczenie izolacji nastąpi przy impulsie napięcia przekraczającego 7-krotną wartość znamionowego napięcia przebicia, czyli przy 3500 V oraz że średnia długość przewodów oświetleniowych i sygnalizacyjnych wynosi 4 m i że obudowa samochodu osłabia oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego 2,5 - krotnie, to impulsowe napięcie 3500 V /zgodnie z wzorem 13/ zaindukuje się w tych przewodach przy natężeniu pola elektromagnetycznego 2200 V/m.

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m, natężenie pola elektromagnetycznego 2200 V/m wystąpi w odległości ok. 2,5 km od centrum wybuchu.

Bardzo ważnym elementem zabezpieczającym obsługę pojazdów przed porażeniem prądem elektrycznym jest uziemienie pojazdów zarówno na postoju jak i w ruchu /aktualnie nie stosuje się/. Na pojazdach kołowych należałoby zastosować paski magnetyczne łączące nadwozie z ziemią w ruchu, a na postoju stosowanie typowych uziemień.

2.5 Funkcjonowanie systemu łączności dywizji w warunkach użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela

2.5.1 Odległości bezpiecznej pracy siły żywej i środków łączności podczas wybuchu neutronowego

Jak podano w rozdziale I punkt 2.1, system łączności, to zespół węzłów, stacji i linii łączności połączonych ze sobą w określony sposób odpowiadający charakterowi działań bojowych, organizacji dowodzenia wojskami oraz wykonywanym przez wojska zadaniom.

Wytrącenie jednego, lub kilku tych elementów z zespołu powoduje zachwianie lub uniemożliwienie funkcjonowania całego systemu łączności.

System łączności powinien być tak zorganizowany aby po obezwładnieniu bronią neutronową jednego elementu systemu nie pozbawiło dowódcy i sztabu dywizji możliwości dowodzenia

podległymi wojskami i utrzymania łączności z przełożonym.

Biorąc pod uwagę analizę wpływu skutków użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela na poszczególne rodzaje środków łączności należy stwierdzić, że po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, w rejonie rozmieszczenia SD dywizji nie ukryte elementy systemu łączności zostaną obezwładnione - w zależności od rodzaju środków - w promieniu od 1,5 do 4 km od centrum wybuchu /tabela 30 i 31/.

Stan osobowy eksploatujący i zabezpieczający pracę systemu łączności, znajdujący się w nie ukrytych środkach i urządzeniach łączności oraz w miejscach pracy bez ukryć, może bezpiecznie pracować w odległości powyżej 1,8 km od centrum wybuchu /tabela 31 i załącznik 9/.

Środki radiowe, radioliniowe i radiotelefoniczne w zależności od mocy nadajników oraz rodzaju wykorzystywanych w tym czasie anten i zakresu częstotliwości mogą bezpiecznie pracować na antenach prętowych o długości 4 m, w odległościach powyżej 3 km od centrum wybuchu /tabela 30 i 31/.

Na skutek oddziaływania promieniowania przenikliwego, we wszystkich środkach radioelektronycznych mogą ulec uszkodzeniu elementy półprzewodnikowe w odległościach do 1 km od centrum wybuchu.

Impuls elektromagnetyczny może spowodować uszkodzenie obwodów antenowych do 2,8 km, elementów półprzewodnikowych do 3,1 km, a instalacji elektrycznej - w odległości do 1,45 km od centrum wybuchu.

Podczas pracy na antenach krótszych niż 4m obwody antenowe mogą ulec uszkodzeniu na mniejszych odległościach, natomiast podczas pracy na antenach dłuższych zasięg rażącego działania impulsem elektromagnetycznym znacznie zwiększy się. Maksymalne wartości napięć zaindukowane w antenach o różnej długości przedstawiono w tabeli 28.

Środki łączności przewodowej mogą bezpiecznie pracować w odległości powyżej 4 km od centrum wybuchu /tabela 30 i 31/.

Głównym czynnikiem rażenia środków przewodowych jest impuls elektromagnetyczny.

Tabela 30a

Odległości /km/ bezpiecznej pracy poszczególnych środków i urządzeń łączności w warunkach oddziaływania impulsu elektromagnetycznego po wybuchu ładunków neutronowych na wysokości 150 m. Środki radioelektroniczne pracują na antenach prętowych o wysokości 4 m.

Rodzaj środka lub urządzenia łączności		Dopuszczalne impuls. napięcie pracy /kV/	Współczyn. ekranizac.	Odległość od centrum wybuchu /km/ przy mocy: /w kt/		
				0,5	1	3
1		2	3	4	5	6
1. Środki radioelektroniczne:						
- obwody antenowe o sprzężeniu indukcyjnym /L/ i pojemnośc./C/						
- 2 W, /UKF/	L	15,4	-	1,1	1,45	1,6
	C	5,25	-	2,2	2,5	2,7
- 20 W, /UKF/	L	43,0	-	0	0	1,45
	C	3,5	-	2,3	2,8	3,3
- 40 W, /KF/	L	21,0	-	0	1,3	1,45
	C	17,5	-	1,1	1,4	1,6
- 75 W, /UKF/	L	73,0	-	0	0	0
	C	42,0	-	0	0	0,5
- 200 W, /KF/	L	42,0	-	0	0	0,5
	C	42,0	-	0	0	0,5
- 1000 W, /KF/	L	167,0	-	0	0	0
	C	42,0	-	0	0	0,5
- 1000 W, /UKF/	L	233,0	-	0	0	0
	C	42,0	-	0	0	0,5

Tabela 30b

1		2	3	4	5	6
- elementy półprzewodnikowe		0,14	10	2,6	3,1	3,5
- przewody instalacyjne		3,5	10	1,1	1,45	1,6
2. Środki przewodowe:						
- kable nieekranow.	PKL1x2	4,2	1	2,4	2,9	3,4
	pozost.	7,0	1	2,1	2,4	2,8
- kable ekranowane		7,0	2,5	1,1	1,4	1,6
- urządzenia końcowe i liniowe przy podłączeniu do kabli:						
- nieekranowan.		1,8	1	3,4	4,0	4,6
- ekranowan.		1,8	2,5	2,4	2,9	3,4
3. Środki wojskowej poczty polowej:						
- samochody		3,5	2,5	2,2	2,5	2,9
- śmigłowce łącznikowe:						
- elementy półprzewodnik.		0,14	10	2,6	3,1	3,5
- przewody instalacyjne		3,5	2,5	2,2	2,5	2,9

Tabela 31

Odległości /km/ bezpiecznej pracy nie ukrytych sił i środków łączności podczas wybuchów neutronowych na wysokości 150 m. Praca środków radioelektronicznych na antenach prętowych o wysokości 4 m.

Środki łączności i ludzie	Odległość od centrum wybuchu r /km/ i powierzchnia S /km^2/ przy danej mocy wybuchu /kt/					
	0,5		1		3	
	r /km/	S /km^2/	r /km/	S /km^2/	r /km/	S /km^2/
1. Ludzie	1,6	8,0	1,8	10,2	2,1	13,8
2. Środki radioelektroniczne	2,6	21	3,1	30,2	3,5	38,5
3. Środki przewodowe:						
- kable nieekranow.	2,4	18,1	2,9	26,4	3,4	36,3
- kable ekranowane	1,1	3,8	1,4	6,1	1,6	8,0
- urządzenia elektroniczne podłączone do kabli:						
- nieekranowanych	3,4	36,3	4,0	50,2	4,6	66,4
- ekranowanych	2,4	18,1	2,9	26,4	3,4	36,3
4. Środki wojskowej poczty polowej:						
- samochody	2,2	15,2	2,5	19,6	2,9	26,4
- śmigłowce łączn.	2,6	21,2	3,1	30,2	3,5	38,5
5. Ogólnie środki łączności	3,4	36,3	4,0	50,2	4,6	66,4

Linie kablowe wykonane za pomocą kabli nieekranowanych mogą ulec uszkodzeniu w promieniu do 2,9 km /kabel PKL 1x2 - do 2,9 km, pozostałe kable - do 2,4 km/ od centrum wybuchu, natomiast linie kablowe wykonane za pomocą kabli ekranowanych /PKD 2x2, P-270 i inne/, mogą ulec uszkodzeniu w promieniu do 1,4 km.

Bardziej wrażliwe na działanie impulsu elektromagnetycznego są obwody wejściowe urządzeń końcowych i liniowych /aparaty i centrale telefoniczne i telegraficzne, urządzenia dopasywujące i zwielokratniające itp./. Urządzenia te podłączone do kabli nieekranowanych mogą ulec uszkodzeniu w promieniu do 4 km, a do kabli ekranowanych - do 2,9 km od centrum wybuchu.

Urządzenia końcowe i liniowe wymagają zabezpieczenia podwyższającego odporność na działanie impulsu elektromagnetycznego do poziomu kabli ekranowanych /do 7 kV/.

Środki wojskowej poczty polowej mogą bezpiecznie pracować w odległości po[illegible]3 km od centrum wybuchu. Środki te, mogą ulec uszkodzeniu [illegible]ównie na skutek oddziaływania impulsu elektromagnetycznego /tabela 30 i 31/.

Samochody osobowo-terenowe, dostawcze i ciężarowe mogą ulec uszkodzeniu głównie na skutek zniszczenia instalacji elektrycznej w promieniu do 2,5 km, a śmigłowce łącznikowe dodatkowo na skutek możliwości uszkodzenia elementów półprzewodnikowych w radiostacjach - w promieniu do 3,1 km od centrum wybuchu.

Odległości bezpiecznej pracy sił i środków łączności od centrum wybchów neutronowych o różnej mocy przedstawiono w tabeli 31.

2.5.2 Skutki wybuchu neutronowego w rejonie rozwinięcia WŁ SD dywizji

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt w rejonie rozwinięcia węzła łączności SD dywizji nie ukryci ludzie mogą ulec porażeniu promieniowaniem neutronowym w promieniu do 1,8 km /dawka 70 R/.

W związku z tym, że promieniowanie neutronowe rozchodzi się promieniście, niezależnie od warunków atmosferycznych można

przyjąć koliste pole rażenia.

Pole rażenia ludzi S można zatem obliczyć przy pomocy wzoru na powierzchnię koła

$$S = \pi r^2 = 3,14 \cdot r^2 \qquad /34/$$

gdzie r - promień rażenia.

Przy promieniu r = 1,8 km powierzchnia rażenia ludzi wyniesie 10,2 km^2.

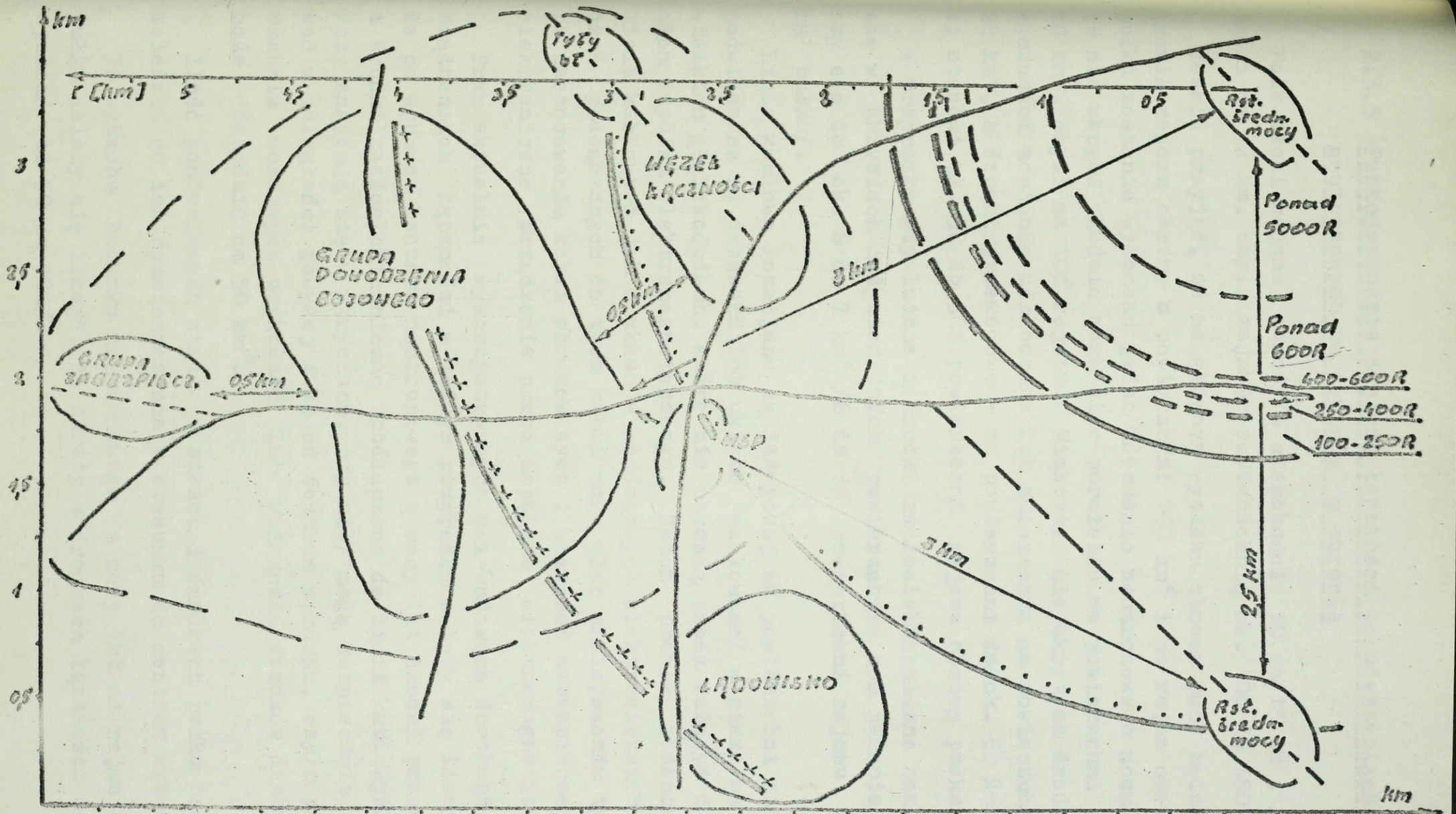
Większość środków łączności może ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu w promieniu do 3 km /S = 28,3 km^2/, natomiast środki przewodowe mogą ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu w promieniu do 4 km od centrum wybuchu /S = 50,24 km^2/.

Grupa dowodzenia bojowego SD dywizji zajmuje powierzchnię ok. 2 do 3 km^2, natomiast węzeł łączności - ok. 0,5 km^2 /ok. 12 pojazdów/.

Uderzenie ładunkiem neutronowym o mocy 1kt w rejon grupy dowodzenia bojowego lub w oddalony ok. 0,5 km rejon węzła łączności /załącznik 20/ powoduje całkowite ich zniszczenie, zarówno ludzi jak i środki łączności.

Przy aktualnie przyjętych zasadach rozmieszczania elementów systemu łączności w terenie /wariant rozmieszczenia - rys. 36/, oraz przy braku zabezpieczeń środków przed impulsem elektromagnetycznym użycie przez nieprzyjaciela broni neutronowej o mocy 1kt w rejonie rozmieszczenia jednej z grup radiostacji średniej mocy SD dywizji /oddalonej o 3 km od GDB/ powoduje całkowite zniszczenie tej grupy radiostacji, uszkodzenie większości środków rozwiniętych na węźle łączności oraz możliwe uszkodzenie niektórych środków rozwiniętych w rejonie grupy dowodzenia i lądowiska.

Przy oddaleniu grup radiostacji średniej mocy do 5 km od grupy dowodzenia bojowego po uderzeniu na jedną z grup ładunkiem neutronowym o mocy 1kt ulegnie zniszczeniu tylko ta grupa radiostacji. Inne środki łączności rozmieszczone w rejonie SD dywizji nie uległyby uszkodzeniu.



Rys. 36 Skutki wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150m w rejonie rozmieszcz. wz SD dywizji

——— - Strefa utraty zdolności bojowej żołnierzy od promieniowania neutronowego;

..... - Strefa zniszczenia lub uszkodzenia większości środków łączności;

- Strefa możliwych uszkodzeń środków przewodowych.

2.5.3 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w obronie

Pułk broni rejonu obrony o szerokości 10 do 15 km i głębokości do 12 km, czyli zajmuje powierzchnię ok. 100 do 180 km^2.

Jeżeli przyjąć, że na głównym wysiłku obrony pułk będzie bronił rejonu obrony o powierzchni 100 km^2 i na rejon obrony pułku zostanie wykonane jedno uderzenie neutronowe o mocy 1kt, to nie ukryci ludzie mogą ulec porażeniu na powierzchni ok. 10 km^2, czyli na 10% rejonu. Większość nie ukrytych środków łączności zostanie uszkodzona lub zniszczona na powierzchni ok. 28 km^2, a środki przewodowe - na powierzchni do ok. 50 km^2, co stanowi ok. 30 do 50% powierzchni rejonu obrony pułku.

W przypadku gdy ludzie i środki radioelektroniczne znajdują się w ukryciach inżynieryjnych powierzchnia ich rażenia zmniejszy się do ok. 6 do 7 km^2 /6 do 7% powierzchni rejonu obrony pułku/.

Linie kablowe rozwijane są zazwyczaj na powierzchni ziemi, podwieszane na drzewach lub ukryte /maskowane/ w ziemi na niewielkich głębokościach, które nie chronią przed rażącym działaniem impulsu elektromagnetycznego. Zatem promień rażenia samych linii kablowych jak i układów wejściowych elektronicznych urządzeń podłączonych do tych kabli może ulec zmniejszeniu tylko po zastosowaniu kabli ekranowanych i urządzeń zabezpieczających elektroniczne urządzenia przed impulsem elektromagnetycznym.

Przy aktualnie wykorzystywanych przewodowach środkach i urządzeniach łączności w każdym przypadku należy się liczyć, że po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt środki przewodowe i środki radioelektroniczne podłączone do linii kablowych /czy znajdują się w ukryciach, czy nie/ mogą bezpiecznie pracować w odległości powyżej 4 km od centrum wybuchu, czyli powierzchnia możliwych uszkodzeń lub zniszczeń środków łączności może dochodzić do 50 km^2.

Ilość poniesionych strat w siłach i środkach pułku będzie zależała od ich rozmieszczenia w stosunku do centrum wybuchu.

Po wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na rejon obrony pułku należy się liczyć, że straty w środkach łączności mogą wynosić od 50 do 100%.

Straty w ludzach mogą być znacznie mniejsze.

Dywizja broni pasa obrony o szerokości 30 do 45 km i głębokości 20 do 25 km. Powierzchnia pasa obrony dywizji może zatem wynosić od 600 do ok. 1100 km^2.

Jeżeli przyjąć, że na głównym wysiłku obrony dywizja bronić będzie pasa obrony o szerokości 30 km i głębokości 25 km, to powierzchnia pasa obrony wyniesie ok. 750 km^2.

Według przyjętych norm przez dowództwo NATO, dla skutecznego obezwładnienia dywizji przeciwnika, znajdującej się w obronie w pierwszym rzucie armii, przeciwnik przewiduje wykonać 9 do 12 uderzeń jądrowych o mocy od 0,1 do 30kt /51 str. 116/.

Biorąc pod uwagę przydział amunicji jądrowej dla dywizji i korpusów armijnych działających na głównym kierunku, należy się liczyć z możliwością użycia przez nieprzyjaciela w pierwszym okresie uderzenia jądrowego większej ilości niż 9 do 12 ładunków.

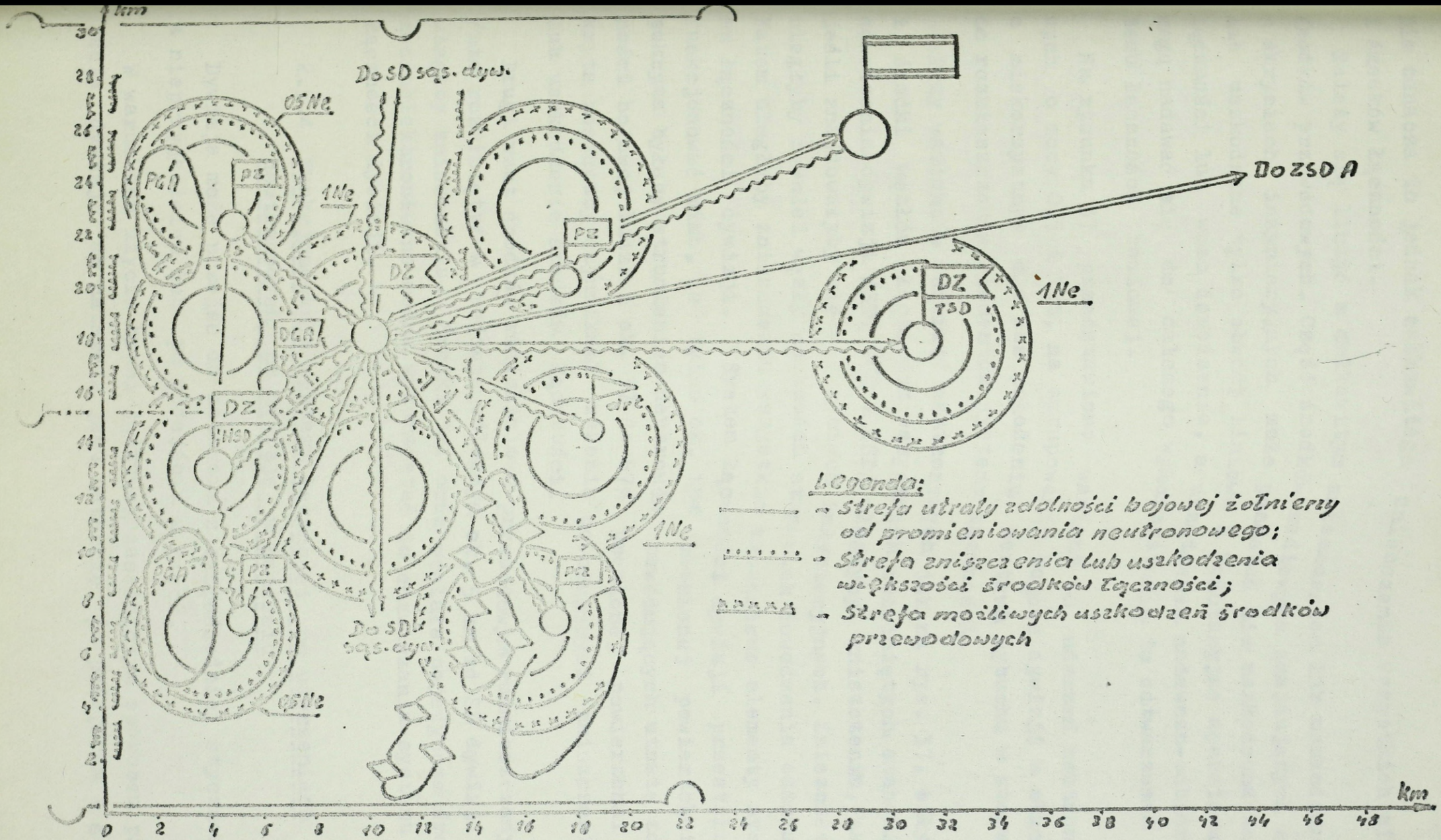
W przypadku użycia w pasie obrony dywizji 10 uderzeń neutronowych o mocy 1kt, to powierzchnia rażenia nie ukrytych ludzi wyniesie ok. 100 km^2 /ok. 13% bronionej powierzchni/, natomiast ludzi ukrytych - ok. 60 do 70 km^2.

Środki łączności mogą zostać uszkodzone lub zniszczone na powierzchni ok. 280 do 500 km^2, co stanowi ok. 37 do 67% powierzchni obrony. W takim przypadku część środków łączności może pozostać nie uszkodzona, szczególnie środki radiowe w wozach dowodzenia i aparatowniach łączności do których nie były bezpośrednio podłączone linie kablowe.

Przy 15 uderzeniach neutronowych o mocy 1kt na pas obrony dywizji powierzchnia rażenia nie ukrytych ludzi wyniosłaby ok. 150 km^2 /ok. 20% bronionej powierzchni/, a ludzi ukrytych - ok. 90 do 105 km^2 /ok. 13% powierzchni/.

Środki łączności mogą więc uszkodzeniu lub zniszczeniu na powierzchni ok. 420 do 750 km^2, co stanowi ok. 55 do 100% powierzchni pasa obrony dywizji.

Przy 15 uderzeniach neutronowych o mocy 1kt w pasie obrony dywizji należy się liczyć z całkowitym obezwładnieniem systemu łączności.



Rys. 32 Wpływ uderzeń neutronowych na funkcjonowanie systemu łączności dywizji w obronie (wariant)

Nie oznacza to jednak całkowitego zniszczenia wszystkich sił i środków łączności.

Należy się liczyć z całkowitym zniszczeniem lub uszkodzeniem środków przewodowych. Część środków radiowych znajdujących się w ukryciach inżynieryjnych może pozostać nie uszkodzona wogóle lub uszkodzone tylko obwody liniowe i komutacyjne aparatowni łączności lub wozu dowodzenia, a urządzenia nadawczo-odbiorcze mogą nadawać się do dalszego wykorzystania do odtwarzania systemu łączności radiowej.

Na rysunku 37 przedstawiono wariant 10 uderzeń neutronowych o mocy 0,5 i 1kt, na ugrupowanie bojowe dywizji w obronie, o niekorzystnym dla nas położeniu centrum wybuchu w stosunku do rozmieszczenia elementów systemu łączności.

Przy wariancie uderzeń neutronowych jak na rys. 37, siły i środki węzłów łączności wszystkich rozwiniętych stanowisk dowodzenia dywizji /SD, WSD i TSD/ uległyby zniszczeniu, nawet jeśli znajdowałyby się w ukryciach inżynieryjnych. Zniszczeniu uległyby również węzły łączności stanowisk dowodzenia oddziałów. Zatem uległyby zniszczeniu wszystkie zasadnicze elementy systemu łączności dywizji. System łączności dywizji przestałby funkcjonować mimo, że tylko ok. 13% bronionej powierzchni pokryta byłaby strumieniem neutronów powodujących utratę zdolności bojowej ludzi i ok. 37 do 67% bronionej powierzchni pokryta zostałaby czynnikami rażenia powodującymi zniszczenie lub uszkodzenie środków łączności.

Drugi rzut środków radioliniowo-przewodowych rozmieszczony /nie rozwinięty/ w rejonie odległym ok. 5 km od SD dywizji nie uległby zniszczeniu. Środki te, oraz ocalałe pojedyncze środki radioelektroniczne można wykorzystać do odtwarzania systemu łączności dywizji.

2.5.4 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w natarciu

Dywizja może przejść do natarcia z bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem lub po podejściu z głębi.

W warunkach użycia broni jądrowej zasadniczym sposobem przejścia dywizji do natarcia jest natarcie po podejściu z głębi.

Natarcie na broniącego się nieprzyjaciela po podejściu z głębi zwykle prowadzi się z rejonu wyjściowego odległego o 20 do 40 km od przedniego skraju obrony nieprzyjaciela i poprzedzone jest rozwinięciem oddziałów /pododdziałów/ w ugrupowanie bojowe.

Każdemu pułkowi pierwszego rzutu wyznacza się jedną - dwie drogi marszu.

Rubież rozwinięcia w kolumny batalionowe wyznacza się poza zasięgiem skutecznego ognia głównej masy artylerii nieprzyjaciela zwykle w odległości 12 do 15 km od przedniego skraju jego obrony.

Rubież rozwinięcia w kolumny kompanijne - poza zasięgiem ognia wyrzutni przeciwpancernych pocisków kierowanych, czołgów i dział nieprzyjaciela strzelających na wprost, zwykle w odległości 4 do 6 km od przedniego skraju jego obrony /100 str.90/.

Szerokość odcinka przełamania obrony nieprzyjaciela przez dywizję wynosi do 4 km, a przez pułk - do 2 km.

System łączności dywizji w natarciu organizowany jest w rejonie wyjściowym i wprowadzany w życie przed opuszczeniem oddziałów i pododdziałów dywizji zajmowanego rejonu.

W czasie podchodzenia do przedniego skraju obrony nieprzyjaciela dowódca dywizji /pułku/ dowodzi oddziałami /pododdziałami/ z wysuniętego stanowiska dowodzenia /punktu dowódczo-obserwacyjnego/, na które przybywa nie później niż na godzinę przed rozpoczęciem ogniowego zabezpieczenia podejścia wojsk /84/.

Wydzielone środki otwierają ogień w ramach ogniowego zabezpieczenia podejścia wojsk bezpośrednio przed wyjściem lub w czasie wychodzenia pułków pierwszego rzutu z rejonu wyjściowego /84 str. 132/.

Najbardziej niebezpiecznym dla naszych wojsk okresem w czasie podchodzenia do natarcia jest okres rozwinięcia się w kolumny batalionowe i kompanijne. Jest to okres największego skupienia wojsk na niewielkiej powierzchni, co umożliwia nieprzyjacielowi całkowite ich zniszczenie bronią neutronową.

Artyleria i środki ogniowe biorące udział w ogniowym zabezpieczaniu podejścia wojsk i ogniowego przygotowania ataku oraz stanowiska dowodzenia dywizji i pierwszorzutowych pułków znajdują się w stanie rozwiniętym na rubieży wejścia do walki.

Można przyjąć, że pierwszy rzut dywizji po rozwinięciu w kolumny batalionowe i w czasie przechodzenia w kolumny kompanijne znajduje się na powierzchni o szerokości od 8 do 10 km i głębokości do 20 km, czyli na powierzchni ok. 160 do 200 km^2 /średnio 180 km^2/.

Nacierające wojska nie korzystają z ukryć inżynieryjnych.

Nieprzyjaciel będzie się starał powstrzymać i zniszczyć nacierające wojska bronią neutronową uderzając na każde ugrupowanie bojowe /kolumnę/ ładunkiem neutronowym, w zależności od odległości od przedniego skraju jego obrony o mocy od 0,5 do 1kt.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt nie ukryci ludzie /w tym w wozach bojowych, dowodzenia i aparatowniach łączności/ mogą ulec porażeniu promieniowaniem neutronowym na powierzchni od 9 do 10 km^2, a ładunku o mocy 0,5 kt na ok. 7 do 8 km^2.

Biorąc pod uwagę nie dużą odległość od przedniego skraju obrony nieprzyjaciela celność uderzeń może być wysoka.

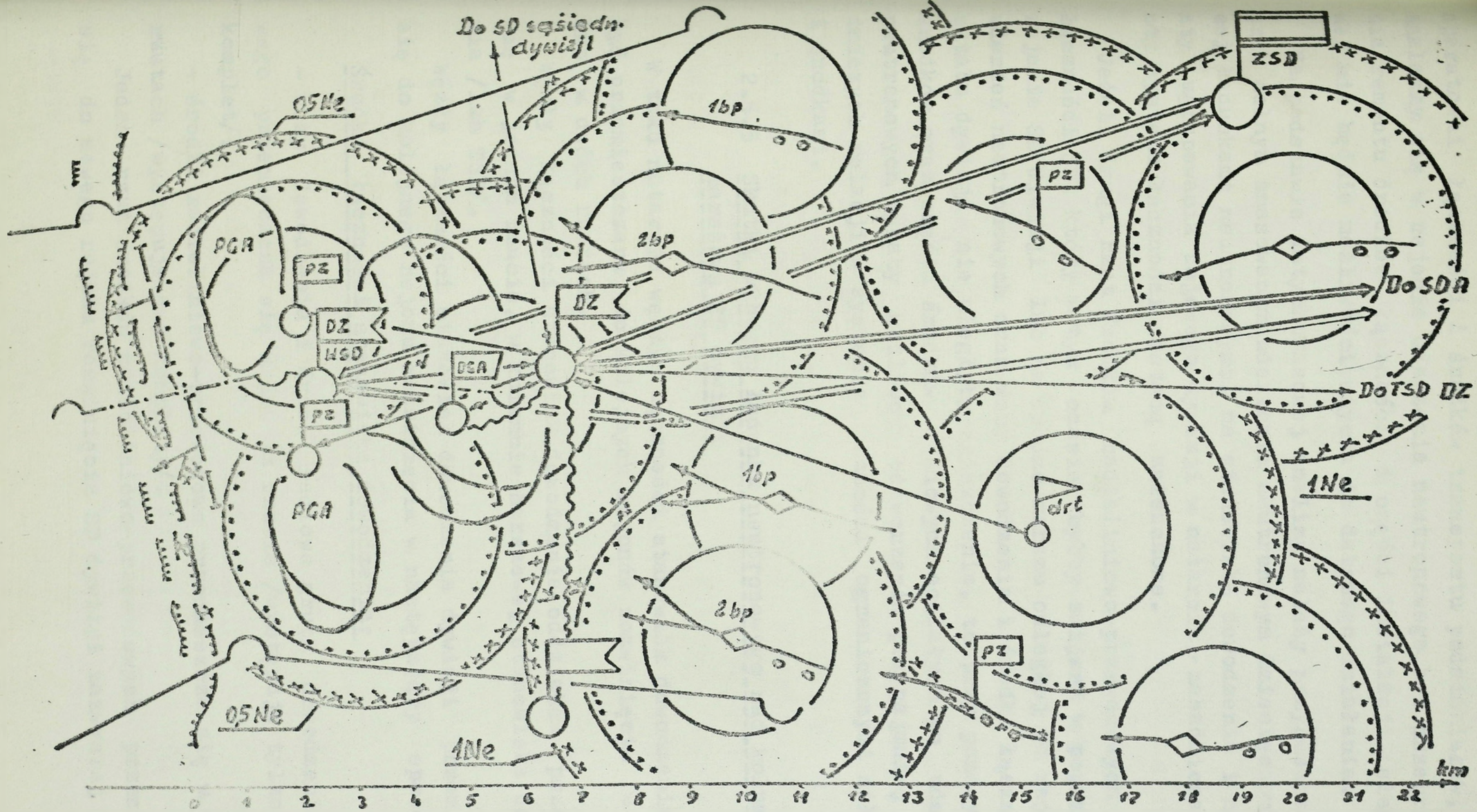
Na dywizję zmechanizowaną lub pancerną będącą w natarciu dowództwo NATO przewiduje wykonać 9 do 12, a nawet i więcej uderzeń jądrowych.

Na rysunku 38 przedstawiono wariant zmasowanego uderzenia jedenastoma ładunkami neutronowymi o mocy 0,5 i 1kt na stanowiska dowodzenia, artylerię, drt i pododdziały oddziałów pierwszego rzutu dywizji zmechanizowanej podchodzące do rubieży wejściowej do natarcia. Przy takim wariancie uderzeń jak na rys. 38 ogólna powierzchnia porażenia żołnierzy promieniowaniem neutronowym, na której żołnierze utracą zdolność bojową, wyniosłaby, ok. 180 km^2, czyli w przybliżeniu całą powierzchnię zajmowaną przez pierwszy rzut dywizji.

Powierzchnia, na której uległaby zniszczeniu lub uszkodzeniu większość środków łączności wyniosłaby ok. 312 km^2, czyli blisko dwukrotnie większa niż powierzchnia zajmowana przez pierwszy rzut dywizji.

Zatem, jeżeli nieprzyjaciel obezwładni promieniowaniem neutronowym ludzi /jak na rys. 38/, należy się liczyć z tym, że na powierzchni tej 100% środków łączności zostanie zniszczone lub uszkodzone.

W związku z tym, wozów bojowych i wozów dowodzenia oraz



Rys. 38 Wpływ uderzeń neutronowych na funkcjonowanie systemu łączności dywizji w natarciu (wariant)

——— – strefa utraty zdolności bojowej żołnierzy od promieniowania neutronowego;
..... – strefa zniszczenia lub uszkodzenia większości środków łączności;
xxxxxx – strefa możliwych uszkodzeń środków przewodowych.

aparatowni łączności i środków transportu pododdziałów, które znalazły się w rejonie uderzenia neutronowego, bez przeprowadzenia remontu środków łączności i części instalacji elektrycznej nie będzie możliwości użycia do dalszego działania.

Na podstawie dotychczasowej analizy należy przypuszczać, że przy celnym zmasowanym uderzeniu neutronowym dziesięcioma i więcej ładunkami neutronowymi, na stanowiska dowodzenia i na elementy ugrupowania bojowego dywizji w natarciu, - zasadnicze elementy systemu łączności zostaną zniszczone.

Jeżeli drugi rzut środków radioliniowo-przewodowych węzła łączności SD, który w tym czasie byłby zwijany w poprzednim rejonie SD dywizji lub na drodze marszu odległej od rejonu uderzeń neutronowych oraz wozy dowodzenia i środki łączności sztabu dywizji nie uległyby zniszczeniu, to przy pomocy tych środków oraz części środków radiowych ocalałych po uderzeniach neutronowych byłaby możliwość odtworzenia przynajmniej zasadniczych relacji w systemie łączności ograniczonymi siłami i środkami.

2.5.5 Skutki wybuchu ładunku neutronowego nad kolumną marszową SD dywizji

W toku natarcia węzły łączności stanowisk dowodzenia mogą być przemieszczane do kolejnych rejonów rozwinięcia w jednym lub w dwóch rzutach.

Węzły łączności stanowisk dowodzenia oddziałów przemieszcza się w jednym rzucie, w kolumnie marszowej stanowiska dowodzenia /lub TSD/.

Węzły łączności stanowisk dowodzenia dywizji przemieszcza się do kolejnego rejonu rozwinięcia w następujący sposób:

Środki łączności stanowiska dowodzenia:

- wozy dowodzenia i środki radiowe grupy dowodzenia bojowego przemieszcza się w jednym rzucie /występuje tylko jeden komplet/;
- środki radioliniowo-przewodowe przemieszcza się w dwóch rzutach /występuje dwa komplety/.

Jeden rzut środków radioliniowo-przewodowych przemieszcza się do nowego rejonu rozwinięcia SD dywizji zazwyczaj wraz z

grupą rekonesansową.

Drugi rzut środków radioliniowo-przewodowych węzła łączności SD dywizji przemieszcza się w kolumnie za grupą dowodzenia bojowego /jak to przedstawiono w załączniku 25/ lub w samodzielnej kolumnie węzła łączności, po zwinięciu środków w poprzednim rejonie SD. W kolumnie tej przemieszcza się również kwatermistrzostwo i służby techniczne batalionu łączności.

Węzły łączności TSD i WSD dywizji przemieszcza się do kolejnego rejonu rozwinięcia w jednym rzucie /16 str. 248/.

Podczas przemieszczania WŁ stanowisk dowodzenia do kolejnych rejonów rozmieszczenia w natarciu system łączności zorganizowany jest - jak w natarciu dywizji /pułku/.

Podczas wykonywania przez dywizję marszu na duże odległości, np. z rejonu alarmowego do rejonu wyjściowego /ześrodkowania/ do natarcia stanowisko dowodzenia i wysunięte stanowisko dowodzenia dywizji zwykle przesuwają się na czole kolumn sił głównych po różnych drogach marszu. Stanowisko dowodzenia pułku przesuwa się za awangardą lub na czole kolumny sił głównych pułku.

Tyłowe stanowisko dowodzenia przesuwa się na czole kolumny oddziałów /pododdziałów/ technicznych i tyłowych /84 str. 370/.

W przewidywaniu wejścia dywizji do bitwy wyznacza się jej nie mniej niż dwie główne drogi marszu.

Odległości pomiędzy drogami marszu z reguły powinny uniemożliwiać jednoczesne porażenie dwóch równoległych kolumn jednym ładunkiem jądrowym średniej mocy /84 str. 357/.

W marszu na duże odległości system łączności zorganizowany jest dla potrzeb dowodzenia w kolumnach marszowych z możliwością wykorzystania własnych środków łączności oraz międzygarnizonowego systemu łączności MON i służb OTK zabezpieczających marsz.

Łączność w marszu zapewnia się głównie środkami wojskowej poczty polowej, a ponadto w pododdziałach również środkami sygnalizacyjnymi. Do kontroli ruchu wojsk i przekazywania zarządzeń szeroko wykorzystuje się śmigłowce. Środki radiowe krótkofalowe pracują tylko na odbiór. Środki łączności UKF i radiolinicwej wykorzystuje się zgodnie z wytycznymi sztabu wyższego.

Rozmieszczenie sił i środków łączności w kolumnie marszowej SD dywizji przedstawiono w załączniku 25.

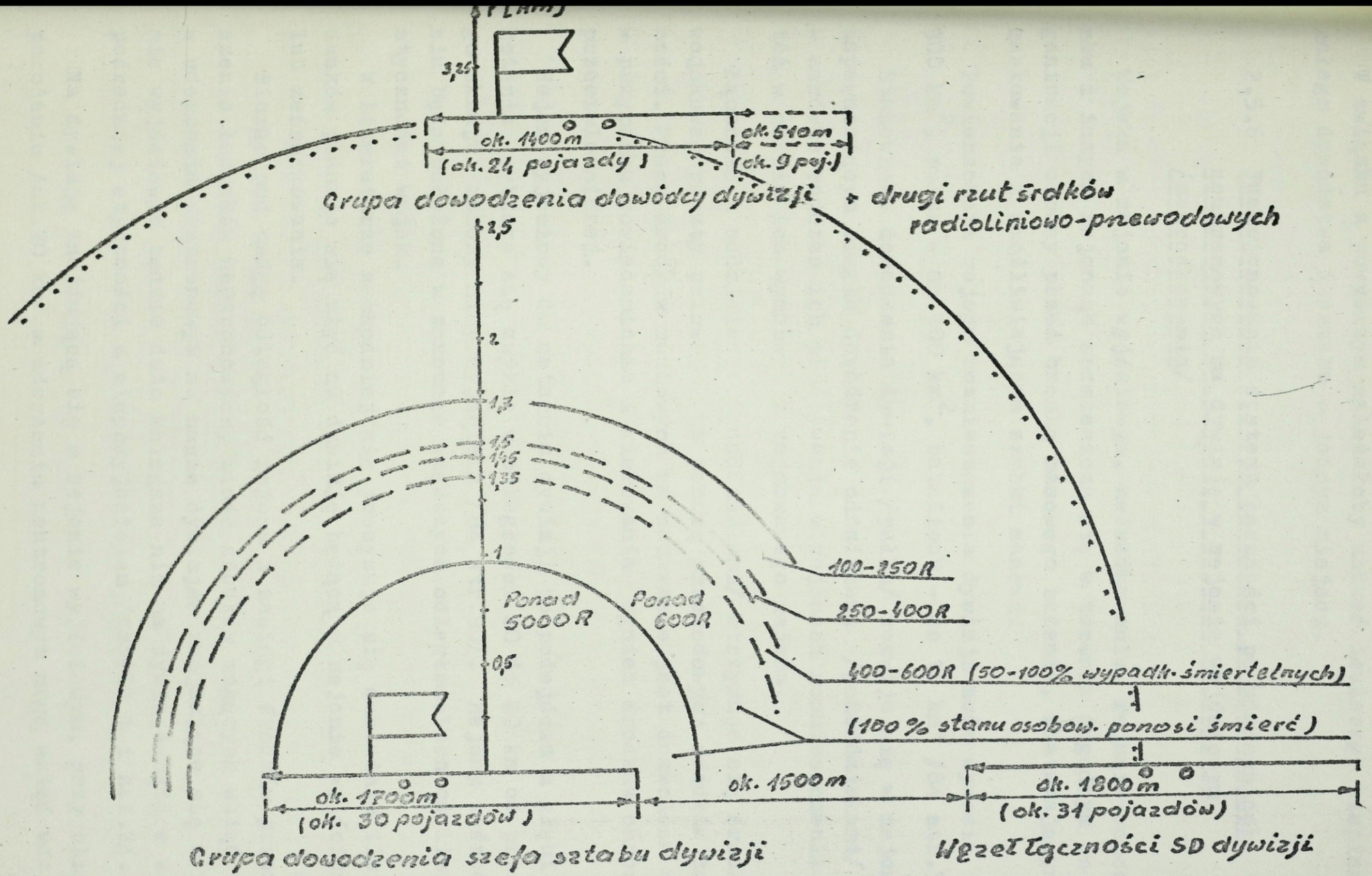
W przypadku połączenia wszystkich środków SD dywizji w jedną kolumnę /razem ok. 109 pojazdów/, łączna długość kolumny wyniosłaby ok. 6,2 km.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt nad kolumną SD dywizji, środki radioelektroniczne i pojazdy zostałyby uszkodzone lub zniszczone w promieniu ok. 2,5 do 3 km, czyli na drodze marszu o długości ok. 5 do 6 km. Porównując z długością kolumny SD /ok. 6,2 km/, w przypadku wybuchu ładunku nad środkową częścią kolumny SD dywizji, należy się liczyć, że prawie wszystkie środki łączności i pojazdy mogą ulec zniszczeniu lub uszkodzeniu. Ludzie znajdujący się w pojazdach opancerzonych i nieopancerzonych w promieniu 1,5 km od wybuchu utracą zdolność bojową /ok. 50% kolumny/, przy czym w promieniu 1 km od centrum wybuchu poniosą natychmiastową śmierć /ok. 30% kolumny/.

W związku z powyższym, aby uniknąć zniszczenia od jednego ładunku neutronowego całej kolumny SD dywizji nasuwa się wniosek aby kolumnę SD dywizji dzielić na części i przemieszczać je w kolumnach marszowych oddalonych od siebie o określoną odległość.

Aby nie uległo zniszczeniu całe dowództwo i sztab dywizji w przypadku wybuchu ładunku neutronowego nad kolumną marszową grupy dowodzenia bojowego należałoby grupę dowodzenia dowódcy /zał. 25/ i grupę dowodzenia szefa sztabu dywizji przemieszczać po oddzielnych drogach marszu. Np. grupę dowodzenia dowódcy przemieszczać w ramach WSD dywizji. W ramach WSD przemieszczać również jeden rzut środków radioliniowo-przewodowych /rys. 39/. W ten sposób żywotność stanowiska dowodzenia i jego węzła łączności zwiększa się dwukrotnie, przy zachowaniu tych samych środków dowodzenia i łączności.

Propozycja powyższa jest zgodna z regulaminem walki /84 str. 355/, który zaleca aby "wojska nasze powinny być zawsze gotowe do przesunięć na duże odległości w warunkach stałego zagrożenia użyciem przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia, oddziaływania jego lotnictwa, desantów powietrznych i grup dywersyjno-rozpoznawczych".



Rys. 39 Skutki wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokości 150 m nad kolumną marszową SD dywizji

——— – Strefa utraty zdolności bojowej żołnierzy od promieniowania neutronowego;
..... – Strefa zniszczenia lub uszkodzenia większości środków łączności.

W związku z powyższym należałoby unikać dłuższego skupiania całego dowództwa i sztabu w jednym miejscu.

2.5.6 Funkcjonowanie systemu łączności po uderzeniach neutronowych na dywizję w rejonie wyjściowym /ześrodkowania/

Wojska w rejonie wyjściowym, ześrodkowania, rejonie odpoczynku i innych rejonach rozmieszcza się w terenie dogodnym do organizacji obrony przed bronią masowego rażenia, ułatwiającym maskowanie i umożliwiającym szybki manewr.

Powierzchnia rejonu rozmieszczenia dywizji może wynosić do 900 km^2, pułku - do 100 km^2, batalionu - do 10 km^2 /84 str.386/.

Stanowiska dowodzenia dywizji /pułku/ rozwija się w rejonie zapewniającym ciągłe dowodzenie oddziałami /pododdziałami/ - zarówno podczas ich przebywania w rejonach rozmieszczenia, jak też w czasie ich wymarszu z zajmowanego rejonu.

Łączność z oddziałami /pododdziałami/ utrzymuje się środkami wojskowej poczty polowej oraz za pomocą przewodowych środków łączności. Praca środków radiowych na nadawanie jest dozwolona tylko w przypadku powiadamiania i kierowania ogniem środków obrony przeciwlotniczej.

Rejon wyjściowy do natarcia dywizji po podejściu z głębi położenia wybiera się zwykle w odległości 20 do 40 km od przedniego skraju obrony nieprzyjaciela /84 str.90/. Rejony ześrodkowania będą położone w znacznie większych odległościach od linii styczności wojsk.

W literaturze zachodniej nie precyzuje się dokładnie ile ładunków planuje się użyć na dywizję będącą w rejonie wyjściowym lub ześrodkowania.

Biorąc pod uwagę odległość rejonu i zasięgi środków przenoszenia ładunków neutronowych, ilość środków mogących wziąć udział w uderzeniu neutronowym na nasze dywizje znajdujące się w rejonie wyjściowym będzie dużo mniejsza niż na dywizje będące w bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem /tabela 1 i zał.2/.

Na dywizję znajdującą się w rejonie wyjściowym, przy bliższym położeniu /ok.20 km/ w uderzeniu neutronowym mogą wziąć udział

artyleria atomowa 203,2 mm, rakiety Lance i Pershing-2, przy większej odległości - rakiety Lance i Pershing-2. Do wykonania uderzenia neutronowego na rejony ześrodkowania dywizji położone powyżej 100 km od linii styczności wojsk mogą być wykorzystane tylko rakiety Pershing-2.

W związku z powyższym należy przypuszczać, że ilość uderzeń neutronowych na dywizje w rejonie wyjściowym i ześrodkowania będzie mniejsza niż w bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem ale moc ładunków będzie większa.

Na rysunku 40 przedstawiono wariant uderzeń sześcioma ładunkami neutronowymi o mocy 3kt każdy, na dywizję zmechanizowaną znajdującą się w rejonie wyjściowym do natarcia.

Powierzchnia rejonu rozmieszczenia dywizji wynosi ok. 600 km^2 /przyjęto z ćwiczenia głównego nr 202 "Natarcie dywizji z marszu" przerabianego ze słuchaczami drugiego roku studiów w ASG WP/. Nowy regulamin walki /84/ zaleca większą powierzchnię rejonu wyjściowego dla dywizji, wynoszącą do 900 km^2.

Podczas wybuchu ładunku neutronowego o mocy 3kt, nie ukryci ludzie mogą ulec porażeniu promieniowaniem neutronowym w promieniu do 2 km, czyli na powierzchni ok. 13,5 km^2.
Większość środków łączności może ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu w promieniu do 3,5 km /powierzchnia do 38,5 km^2/, a środki przewodowe mogą ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu w promieniu do 4,6 km /powierzchnia do 66,4 km^2/.

W przypadku gdy ludzie i środki radioelektroniczne znajdują się w ukryciach inżynieryjnych powierzchnia ich rażenia zmniejszy się ok. 3 do 4%.

Przy uderzeniu sześcioma ładunkami neutronowymi ogólna powierzchnia rażenia nie ukrytych ludzi wyniosłaby ok. 81 km^2 /13,5% zajmowanej powierzchni/, większość nie ukrytych środków łączności może ulec zniszczeniu lub uszkodzeniu na powierzchni do ok. 231 km^2 /ok. 38,5% ogólnej powierzchni/, a środki przewodowe mogą ulec zniszczeniu lub uszkodzeniu na powierzchni do ok. 398 km^2 /66,3% powierzchni rejonu wyjściowego dywizji/.

Przy wariancie uderzeń neutronowych jak na rys. 40, stanowiska dowodzenia dywizji i jej oddziałów oraz ich węzły łączności zostałyby zniszczone.

System łączności dywizji przestałby funkcjonować. Należy przypuszczać, że część pojedynczych środków radiowych pozostałaby nie uszkodzona. Przy pomocy ocalałych środków radiowych i wojskowej poczty polowej, po odpowiednim przegrupowaniu ich w rejony gdzie wszystkie środki zostały zniszczone, możnaby odtworzyć zasadnicze relacje łączności.

Gdyby oddziały dywizyjne zostały rozmieszczone na większej powierzchni rejonu /900 km^2/, procent pokrycia go rażącymi czynnikami broni neutronowej byłby znacznie mniejszy. Poza tym należy przypuszczać, że na większe odległości celność, a za tym i skuteczność uderzeń będzie mniejsza niż to przedstawiono na rys. 40. W związku z powyższym straty w ludziach i środkach łączności byłyby mniejsze.

3. Wnioski

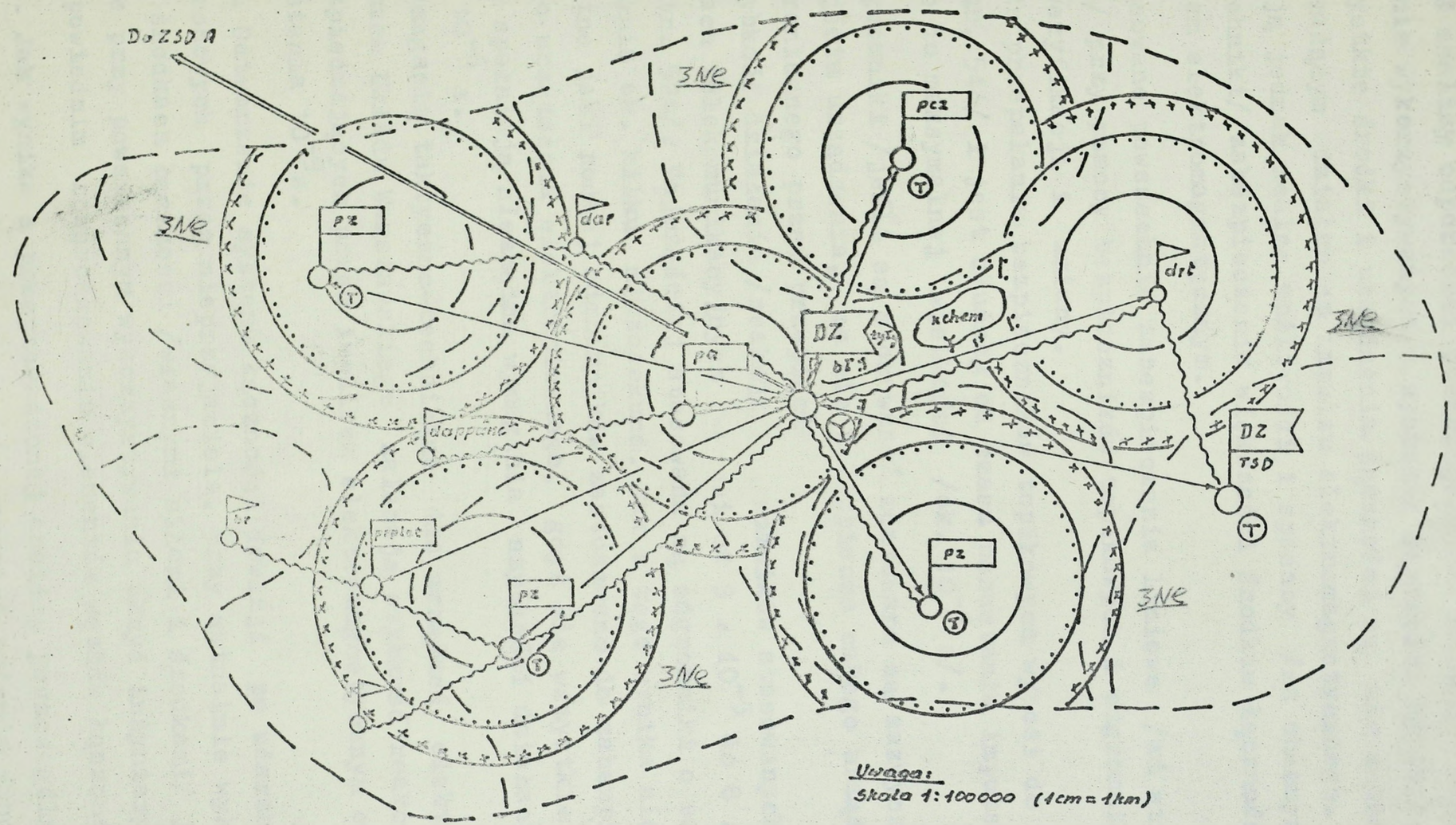
Z analizy skutków działania wybuchów neutronowych na poszczególne rodzaje środków łączności wynikają następujące wnioski:

1. Zasadniczym czynnikiem rażenia stanu osobowego eksploatującego i zabezpieczającego pracę systemu łączności jest promieniowanie neutronowe. Aparatownie /stacje/ łączności, a nawet opancerzone wozy dowodzenia /na SKOT i BWP/ nie chronią ludzi wogóle lub chronią w bardzo małym stopniu przed promieniowaniem neutronowym. Utrata zdolności bojowej nie ukrytych w urządzeniach inżynieryjnych ludzi następuje w promieniu ok. 1,5 km od centrum wybuchu neutronowego o mocy 1kt. Skrócenie promienia utraty zdolności bojowej ludzi jest możliwe przez wykorzystanie ukryć inżynieryjnych.

2. Zasadniczymi czynnikami rażenia środków i urządzeń łączności jest impuls elektromagnetyczny i promieniowanie neutronowe.

Promieniowanie neutronowe działa niszcząco szczególnie na środki radioelektroniczne /na elementy półprzewodnikowe i detale teletechniczne/.

Impuls elektromagnetyczny jest najgroźniejszym czynnikiem rażenia broni neutronowej dla środków łączności. Działa on niszcząco na wszystkie rodzaje środków łączności.



Rys. 40 Wpływ uderzeń neutronowych na funkcjonowanie systemu łączności dywizji w rejonie wyjściowym (ześrodkowania), (wariant)

——— – Strefa utraty zdolności bojowej załogi od promieniowania neutronowego
..... – Strefa zniszczenia lub uszkodzenia większości środków łączności
xxxxx – Strefa możliwych uszkodzeń lub zniszczeń środków przewodowych

3. Z analizy odporności poszczególnych rodzajów środków aktualnie wykorzystywanych w systemie łączności dywizji wynika, że wszystkie środki i urządzenia łączności są nie zabezpieczone przed rażącym działaniem impulsu elektromagnetycznego. Istnieją jednak realne możliwości i sposoby /na obecnym etapie techniki/ zabezpieczenia większości środków łączności przed impulsem elektromagnetycznym.

Stosowane powszechnie zabezpieczenia liniowe /od strony stacyjnej/ przy pomocy bezpieczników topikowych i odgromników wymagają weryfikacji i zmiany.

Czas przepalania bezpieczników topikowych wynosi do 10^{-3} s /54 str. 544/ i jest dłuższy od czasu narastania impulsu prądowego do maksymalnej wielkości /ok. 10^{-6} s/.

Odgromniki /jeśli są stosowane/ montowane są zazwyczaj tylko na wejściu urządzenia, co nie zabezpiecza całego urządzenia elektronicznego przed przepięciami.

Szybkość działania /reakcji/ odgromników stosowanych w urządzeniach telekomunikacyjnych wynosi od $9 \cdot 10^{-5}$ do $8 \cdot 10^{-7}$ s /54 str. 524/. Najczęściej stosowane są odgromniki o szybkości działania ok. kilku mikrosekund. Jak z tego wynika nie jest obojętne jaki rodzaj odgromników zastosowano do zabezpieczenia danego urządzenia elektronicznego, gdyż nie wszystkie odgromniki spełniają niezbędne wymagania szybkości działania poniżej 10^{-6} s.

Wymagania taktyczno-techniczne dla urządzeń elektronicznych w ramach Układu Warszawskiego zalecają szybkość reakcji urządzeń zabezpieczających przed impulsem elektromagnetycznym o szybkości narastania 10^{-9} s.

4. Odtworzenie systemu łączności dywizji po uderzeniach neutronowych przez nieprzyjaciela, przy aktualnie wykorzystywanych środkach łączności /własnymi siłami i środkami/ jest możliwe przy powszechnym wykorzystywaniu ukryć inżynieryjnych i odpowiednim rozśrodkowaniu elementów węzłów łączności.

5. Jak wynika z przeprowadzonej analizy poszczególnych czynników rażenia broni neutronowej, promień rażenia środków łączności przez impuls elektromagnetyczny jest większy od 2 do 4 razy od promieniowania neutronowego i około 4 do 8, a nawet więcej

od pozostałych czynników rażenia. W związku z tym impuls elektromagnetyczny wymaga szczegółowego zbadania przez wyspecjalizowane komórki badawcze, gdyż wszystkie środki łączności wymagają zabezpieczenia przed jego rażącym działaniem.

III. ZABEZPIECZENIE POLOWEGO SYSTEMU ŁĄCZNOSCI DYWIZJI PRZED SKUTKAMI UŻYCIA BRONI NEUTRONOWEJ

1. Możliwości i sposoby zabezpieczenia sił i środków łączności przed skutkami użycia broni neutronowej

Z oceny zagrożenia systemu łączności dywizji bronią neutronową wynika, że uderzenia ładunkami neutronowymi będą wykorzystywane jednocześnie z uderzeniami atomowymi i innymi rodzajami broni masowego rażenia.

Zabezpieczenie systemu łączności przed bronią neutronową należy zatem organizować w ramach ogólnej obrony wojsk przed bronią masowego rażenia.

Obronę systemu łączności przed skutkami użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia organizuje się we wszystkich sytuacjach bojowych w celu nie dopuszczenia do strat w siłach i środkach łączności lub maksymalnego ich zmniejszenia.

Właściwie zorganizowana obrona przed skutkami użycia broni masowego rażenia powinna zapewnić ciągłą pracę systemu łączności oraz stałą gotowość bojową pododdziałów łączności dywizji.

System łączności należałoby uodpornić na te czynniki rażenia danego rodzaju broni masowego rażenia, które są najgroźniejsze dla środków i urządzeń łączności.

Najgroźniejszymi czynnikami są:

- w broni neutronowej - promieniowanie neutronowe i impuls elektromagnetyczny;
- w broni atomowej - fala uderzeniowa, promieniotwórcze skażenie terenu i impuls elektromagnetyczny.

Obrona systemu łączności przed bronią masowego rażenia obejmuje:

- uodpornienie przestrzenne systemu łączności;
- uodpornienie punktowe miejsc pracy osób funkcyjnych i środków łączności;
- maskowanie systemu łączności;
- przedsięwzięcia organizacyjne uodporniające pracę systemu łączności;
- powiadamianie /alarmowanie/ pododdziałów oraz węzłów łączności o skażeniach i zakażeniach;
- zaopatrywanie i wykorzystanie indywidualnych i zbiorowych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych terenu;

- rozpoznanie skażeń i zakażeń;
- ochronę stanu osobowego elementów systemu łączności podczas działania w terenie skażonym;
- zabiegi sanitarno - higieniczne i profilaktyczne;
- likwidację skutków użycia broni masowego rażenia /65, 28, 29, 71/

Wymieniony kompleks przedsięwzięć można podzielić na perspektywicznie i doraźnie organizowane.

Do perspektywicznych należą te przedsięwzięcia, które należy wykonać w procesie produkcji środków i urządzeń łączności. Nie zależą one od dowódców eksploatujących system łączności.

Realizacja przedsięwzięć doraźnie organizowanych należy do obowiązków dowódców eksploatujących system o aktualnym wyposażeniu w środki i urządzenia łączności.

Uodpornienie przestrzenne systemu łączności osiąga się przez odpowiednie rozśrodkowanie poszczególnych elementów systemu w terenie oraz rozwijanie dublujących się relacji i węzłów łączności poszczególnych stanowisk dowodzenia połączonych między sobą układem dalekosiężnych linii łączności.

Rozmieszczenie sił i środków łączności na węzłach i w rejonach ześrodkowania powinno uniemożliwić porażenie jednym ładunkiem neutronowym o mocy 3kt więcej niż jednej grupy /zespołu/ środków łączności, a pociskiem klasycznym - więcej niż jednej aparatowni /stacji/ łączności. Odległości te powinny wynosić: między aparatowniami /stacjami/ łączności na jednym węźle łączności 70 - 100m; między grupą dowodzenia a węzłem łączności powyżej 1km; między grupą dowodzenia a grupami radiostacji średniej mocy powyżej 5km;

Stanowiska dowodzenia oddziałów powinny być rozmieszczone jak najbliżej linii styczności wojsk, a odległość między SD oddziałów i SD dywizji nie powinny być mniejsze jak 5km.

Uodpornienie punktowe miejsc pracy osób funkcyjnych i środków łączności osiąga się poprzez hermetyzację i instalowanie urządzeń filtrowentylacyjnych oraz opancerzenie i zabezpieczenie przeciwneutronowe wozów dowodzenia i aparatowni łączności, a także zabezpieczenie ważniejszych podzespołów elektronicznych oraz linii kablowych przed działaniem impulsu elektromagnetycznego.

Oprócz tego, uodpornienie punktowe osiąga się przez rozbudowę inżynieryjną rejonów rozwinięcia węzłów i stacji łączności oraz rozśrodkowanie pododdziałów łączności.

Aktualnie wykorzystywane aparatownie i stacje łączności nie są zabezpieczone przed promieniowaniem neutronowym i przed impulsem elektromagnetycznym. Tylko niektóre ostatnio wprowadzane na wyposażenie wojsk łączności aparatownie /R - 409, R - 137, R - 140M i RWŁ - 146/ są przystosowane do pracy w terenie skażonym /są hermetyczne i wyposażone w urządzenia filtrowentylacyjne/, pozostałe aparatownie nie posiadają takiego wyposażenia.

W celu uodpornienia aparatowni łączności przed falą uderzeniową szczególnie wybuchów atomowych potrzebne jest opancerzenie tych środków, a kablowe linie łączności wymagają zakopania ich w ziemi.

Zabezpieczenie przed bronią neutronową wymaga uodpornienia aparatury elektronicznej przed promieniowaniem neutronowym i impulsem elektromagnetycznym.

Aparatownie łączności, a nawet wozy dowodzenia na transporterach opancerzonych, BWP i czołgach nie zabezpieczają ich obsług przed promieniowaniem neutronowym /tabela 33/.

Współczynniki osłabienia promieniowania neutronowego przez różne ukrycia dla ludzi oraz skrócenia promienia rażenia po wybuchu neutronowym przedstawiono w tabeli 32.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabelach 32 i 33, żaden z wymienionych obiektów ruchomych i polowych obiektów inżynieryjnych oraz budynki drewniane i murowane /zał. 13/, nie zabezpieczają ludzi w pełni przed promieniowaniem neutronowym. Zmniejszają jedynie promień utraty zdolności bojowej /do pracy/ ludzi. Niemniej, urządzenia inżynieryjne odgrywają ważną rolę w ochronie ludzi przed skutkami działania broni neutronowej.

Ukrycie aparatowni łączności skraca promień rażenia zarówno aparatury radioelektronicznej jak i ludzi obsługujących ją.

Brak danych w literaturze przedmiotu dotyczących współczynnika osłabienia promieniowania dla ukrytych aparatowni łączności.

W związku z tym, że okopy dla aparatowni łączności wykonuje się około dwukrotnie głębsze niż dla ludzi do pozycji stojąc /współczynnik 4/, ale powierzchnia odkryta od góry jest dużo większa niż pojedynczych okopów, należy przypuszczać, że współczynnik osłabienia promieniowania dla okopanych aparatowni wyniesie od 4 - 8.

Ponieważ żołnierze obsługują aparaturę radioelektroniczną najczęściej w pozycji siedząc, można przyjąć wartość średnią

Tabela 32

Współczynniki osłabienia promieniowania przenikliwego oraz skrócenia promienia rażenia po wybuchu neutronowym i atomowym /65 str. 33 i 50/

Rodzaj ukrycia	Współczynniki osłab. promieniowania			
	neutronowego		atomowego	
	Współczyn. osłab.	Współczyn. skrócenia promienia rażenia*)	Współczyn. osłab. prom.	Współcz. osłab. od skaż. terenu
Transportery opanc. typu odkrytego, aparatownie łącz.,samochody	1	1	1	2
Transportery opanc. typu zakrytego /SKOT, BWP/ bez wykładziny przeciwneutronowej	1,2	1,02 - 1,03	1,2	4
WD na BWP z wykładziną przeciwneutronową	1,5	1,04 - 1,06	2	4
Czołgi bez osłony przeciwneutronowej	2	1,09 - 1,11	6	10
Czołgi z osłoną przeciwneutronową	6	1,31 - 1,44	18	40
Transzeje, rowy łączące szczeliny o pełnym profilu	2,6	1,13 - 1,15	3	8
Pojedyncze okopy do pozycji stojąc	4	1,22 - 1,30	5	do 20
Szczeliny przykryte	do 10	1,40 - 1,52	18	40
Schrony przedpiersiowe	do 200	2,50 - 3,70	.	ok. 100
Schrony ciężkie polowe	do 500	2,70 - 3,90	.	ok. 100

Uwaga: Aby obliczyć promień rażenia ludzi znajdujących się w ukryciu należy podzielić promień rażenia ludzi będących poza ukryciami przez współczynnik skrócenia promienia rażenia dla danego ukrycia.

*) Wartość mniejsza dotyczy wysokości wybuchu 150 m, a większa - 450 m /74 str. 142/.

Tabela 33

Promienie stref utraty zdolności bojowej żołnierzy w rejonie wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt, rozmieszczonych poza ukryciami i w niektórych ukryciach /74 str. 247/

Rodzaj ukrycia	Promienie strefy /m/ utraty zdolności bojowej:			
	natychmiast	po 1 godz.	po 1 dobie	po 1-2 tygodn.
Poza ukryciami, w transporterach opancerzonych typu odkrytego, w samochodach i aparatowniach łączn.	940	1380	1520	1560
W transporterach opanc. typu zakrytego /SKOT, BTR/ bez wykładziny przeciwneutronowej	930	1360	1500	1540
W transzejach i rowach łączących o profilu podstawowym	880	1300	1430	1480
W czołgach bez osłon przeciwneutronowych	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 przeciwneutronowymi	680	1010	1100	1150
W schronach przedpiersiowych	290	430	470	490

współczynnika osłabienia promieniowania neutronowego wynoszącą 6. Współczynnik skrócenia promienia rażenia ludzi i aparatury radioelektronicznej wyniesie wówczas 1,31.

Aby obliczyć promień rażenia ludzi i aparatury radioelektronicznej promieniowaniem neutronowym należy znany promień rażenia ludzi będących poza ukryciami podzielić przez podany współczynnik skrócenia promienia.

Przy obliczeniach promienia rażenia sprzętu bojowego, transportowego i radioelektronicznego w ukryciach i okopach podczas wybuchów atomowych, podane w tabelach promienie rażenia dla sprzętu nie ukrytego należy pomnożyć przez współczynnik 0,7 /67 /.

Dużą rolę w zabezpieczeniu ludzi przed promieniowaniem neutronowym odgrywają szczeliny odkryte i przykryte oraz schrony wykonywane w rejonie rozwinięcia węzłów i stacji łączności. Im grubszą warstwą materiału osłonowego pokryje się szczelinę lub schron tym stopień zabezpieczenia przed promieniowaniem neutronowym jest wyższy.

W warunkach polowych jako materiał osłonowy najczęściej wykorzystuje się ziemię.

Przykrycie szczeliny lub okopu warstwą ziemi o grubości 60cm osłabia dawkę promieniowania 40 razy, grubość 120cm - 1500 razy, a 145cm - 8000 razy.

Aby całkowicie zabezpieczyć ludzi przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu neutronowego o mocy 1kt należy osłabić dawkę promieniowania conajmniej 20 000 razy. Taki współczynnik osłabienia można osiągnąć przykrywając schron warstwą ziemi o grubości conajmniej 160cm lub betonu - 145cm /wykresy rys. 41 i 42 oraz tabela 34/.

Potrzebne grubości warstw materiału osłonowego w celu całkowitego zabezpieczenia żołnierzy przed promieniowaniem neutronowym na różnej odległości od centrum wybuchu neutronowego o mocy 1kt przedstawiono w tabeli 34.

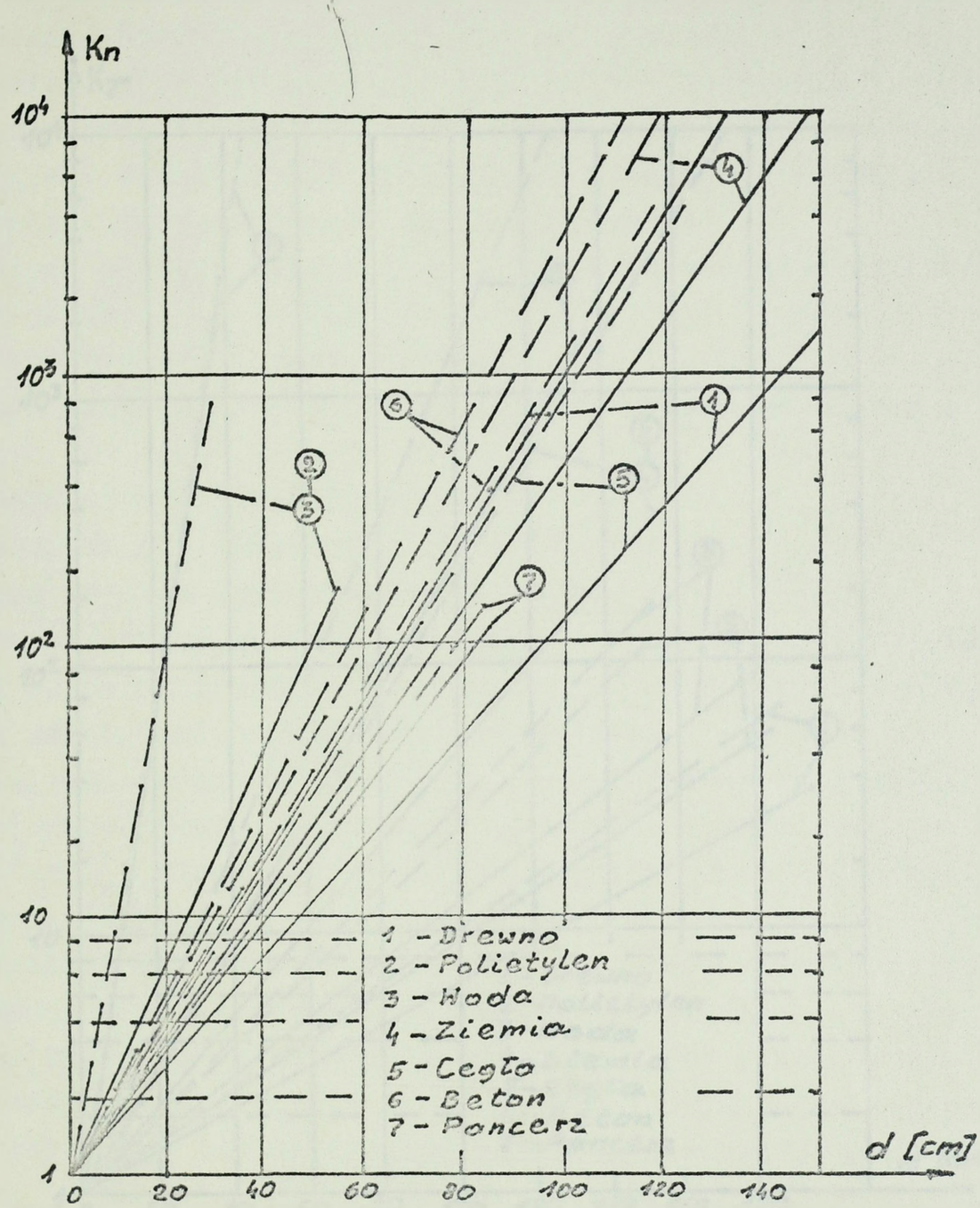
Schrony, które mogą całkowicie zabezpieczyć żołnierzy przed promieniowaniem przenikliwym wybuchów neutronowych o mocy od 0,5 - 5kt muszą posiadać krotności osłabienia dawki promieniowania rzędu 10^4 - 10^6 /65 str. 23/. Taką ochronę ludzi przed promieniowaniem przenikliwym mogą zapewnić jedynie schrony stałe. W praktyce schrony stałe mogą być budowane na obszarze kraju dla potrzeb OTK i OC.

Tabela 34

Potrzebna grubość warstwy materiału osłonowego w celu zabezpieczenia żołnierzy przed promieniowaniem neutronowym na różnej odległości od centrum wybuchu neutronowego o mocy 1kt*)

Odległość od centrum wybuchu /m/	Dawka promien. neutron. po wybuchu /R/	Potrzebny współcz. osłabienia $K_{osł.}$	Dawka prom. neutr. po osłab. /R/	Grubość materiału osłonowego /cm/			
				beton	ziemia	pancerz	cegła
200	1330000	20000	66	145	160	-	-
300	425000	8000	53	130	145	-	-
400	169000	4000	42	120	135	-	-
500	77200	1500	51	107	120	-	150
600	37900	700	54	95	110	-	135
700	19900	400	50	90	95	-	125
800	10800	200	54	85	90	-	110
900	6050	120	50	70	80	85	100
1000	3480	60	58	60	70	75	85
1100	2050	40	51	55	60	68	78
1200	1200	25	48	48	52	58	68
1300	740	15	49	40	45	50	55
1400	456	10	46	35	38	42	48
1500	280	6	47	28	30	32	38
1600	170	3	56	18	20	22	24
1700	110	2	55	9,7	11	12	14

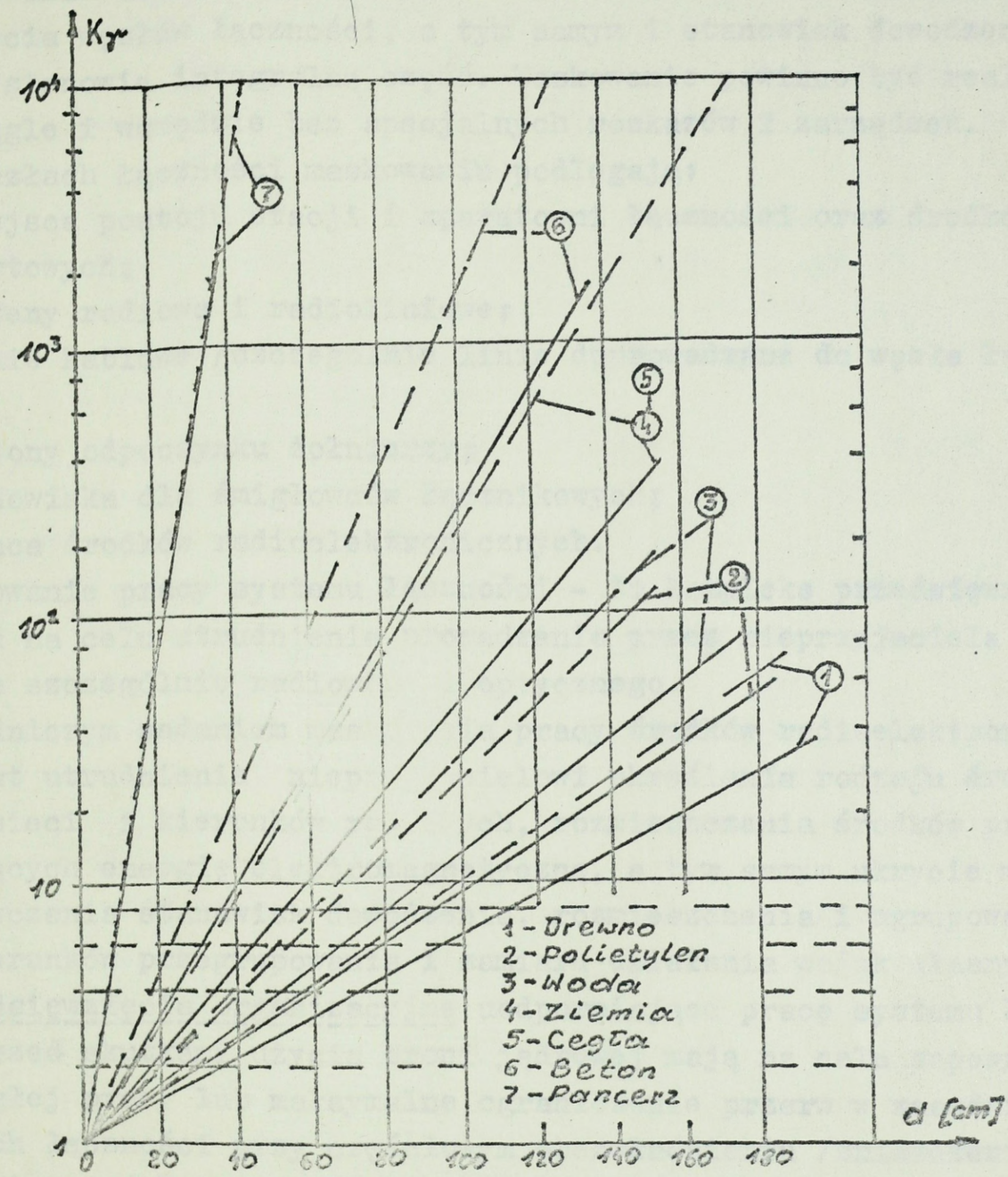
*) Opracowano na podstawie wykresów przedstawionych w pracy "Bojewyje swojstwa jadiernowo orużja" /4 str.213/ oraz podręcznika "Obrona wojsk przed bronią neutronową"//65 str.49/



Rys. 41 Zależność współczynnika osłabienia promieniowania neutronowego K_n, od grubości materiału osłonowego d /4 str. 213/

——— - wybuch neutronowy

---- - wybuch atomowy



Rys. 42 Zależność współczynnika osłabienia promieniowania gamma K_γ, od grubości materiału osłonowego d /4 str. 211/

——— - wybuch neutronowy

– – – – - wybuch atomowy

Na maskowanie systemu łączności składa się maskowanie rozmieszczenia i pracy węzłów, stacji i linii łączności.

Maskowanie utrudnia nieprzyjacielowi dokładne określenie rejonu rozwinięcia węzłów łączności, a tym samym i stanowisk dowodzenia, których stanowią integralną część. Maskowanie powinno być realizowane ciągle i wszędzie bez specjalnych rozkazów i zarządzeń.

Na węzłach łączności maskowaniu podlegają:

- miejsca postoju stacji i aparatowni łączności oraz środków transportowych;
- anteny radiowe i radioliniowe;
- linie kablowe /szczególnie linie doprowadzane do węzła łączności/;
- rejony odpoczynku żołnierzy;
- lądowiska dla śmigłowców łącznikowych;
- praca środków radioelektronicznych.

Maskowanie pracy systemu łączności - to kompleks przedsięwzięć mających na celu utrudnienie prowadzenia przez nieprzyjaciela rozpoznania szczególnie radiowego i optycznego.

Zasadniczym zadaniem maskowania pracy środków radioelektronicznych jest utrudnienie nieprzyjacielowi określenia rodzaju środków, składu sieci i kierunków radiowych, rozmieszczenia środków promieniujących energię elektromagnetyczną, a tym samym ukrycie miejsc rozmieszczenia stanowisk dowodzenia, rozmieszczenia i ugrupowania oraz kierunków przegrupowania i zamiaru działania wojsk własnych.

Przedsięwzięcia organizacyjne uodporniające pracę systemu łączności przed skutkami użycia broni jądrowej mają na celu zapewnienie ciągłej pracy lub maksymalne ograniczenie przerw w zasadniczych relacjach łączności przy częściowym obezwładnieniu /zniszczeniu/ systemu łączności. Osiąga się to przez:

- przygotowanie węzłów łączności danego szczebla dowodzenia lub podwładnego do przejęcia funkcji i zadań podstawowego węzła łączności w przypadku jego zniszczenia;
- organizowanie okrężnych relacji łączności w celu zapewnienia wymiany informacji /wiadomości/ z przełożonym, podwładnymi i sąsiadami w razie powstania przerw w pracy, w podstawowych relacjach łączności;
- w warunkach zagrożenia użycia broni jądrowej wykorzystanie do pracy środków radiowych fal przyziemnych, które nie są wrażliwe na wybuchy jądrowe;

- wyznaczanie i utrzymanie w stałej gotowości odwodu sił i środków łączności, rozmieszczonego w odległości 5 i więcej kilometrów od węzła łączności;

- wyznaczanie i przygotowanie odpowiednich sił i środków łączności do zapewnienia dowodzenia w czasie likwidacji skutków uderzeń jądrowych;

- ustalanie kolejności odtwarzania poszczególnych relacji łączności w systemie na wypadek obezwładnienia go bronią jądrową;

- planowanie i organizowanie podstawowych relacji łączności za pomocą środków łączności montowanych na transporterach opancerzonych i bojowych wozach piechoty.

Powiadamianie /alarmowanie/ pododdziałów, węzłów i stacji łączności o zagrożeniu bronią masowego rażenia dokonuje dyżurny łączności na podstawie otrzymanego sygnału od służby dyżurnej obsługiwanego sztabu /stanowiska dowodzenia/. Przyjęty sygnał powiadamiania doprowadzany jest do wojsk i obsług środków łączności w sposób zawczasu określony przez odpowiednie instrukcje.

Zaopatrywanie i właściwe wykorzystanie indywidualnych i zbiorowych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych terenu może przyczynić się do zmniejszenia ilości strat w stanie osobowym na skutek porażenia bronią masowego rażenia. Dotyczy to szczególnie broni atomowej, chemicznej i bakteriologicznej. W czasie wybuchów neutronowych powstaje niewielkie skażenie terenu tylko w bliskich odległościach /400 - 500m / od centrum wybuchu.

W czasie użycia broni neutronowej szczególną rolę odgrywa wykorzystanie zbiorowych środków ochrony w postaci schronów. Aparatownie łączności nawet hermetyczne nie zabezpieczają załogi przed bezpośrednim promieniowaniem neutronowym.

Wykorzystanie właściwości ochronnych terenu może przyczynić się do częściowego zmniejszenia strat zarówno w czasie użycia broni neutronowej jak i pozostałych rodzajów broni masowego rażenia.

Rozpoznanie skażeń i zakażeń prowadzą wszystkie pododdziały łączności zarówno w rejonach rozwinięcia węzłów łączności /w tym także w rejonach rozmieszczenia grup radiostacji średniej mocy/ i rzutów tyłowych, a także podczas przesunięć tych węzłów do kolejnych rejonów rozwinięcia. Zadanie te realizuje się zarówno w czasie rekonesansu wybranych rejonów rozwinięcia węzłów łączności, jak również podczas ich eksploatacji w danych rejonach.

Rozpoznanie skażeń w pododdziałach łączności prowadzą specjalnie

do tego celu przygotowani żołnierze z obsług /drużyn/ schemizowanych, wyposażeni w niezbędne przyrządy rozpoznania i pomiaru skażeń. Oprócz tego pododdziały łączności wykorzystują dane z rozpoznania skażeń i zakażeń organizowanego przez sztaby dywizji i oddziałów.

Ochronę stanu osobowego elementów systemu łączności działającego w terenie skażonym osiąga się przez:

- należyte wykorzystanie środków indywidualnej i zbiorowej ochrony przed skażeniami;
- kontrolę stopnia napromienienia żołnierzy;
- ograniczenie czasu przebywania żołnierzy w rejonie skażanym.

Ze względu na niewielkie rejony skażeń występujące podczas wybuchów neutronowych oraz krótki czas ich trwania, raczej nie wystąpi konieczność dłuższej pracy systemu łączności w tych rejonach. Dotyczyć to będzie szczególnie pozostałych rodzajów broni masowego rażenia.

Zabiegi sanitarno - higieniczne i profilaktyczne w warunkach użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia organizuje się w celu utrzymania odpowiedniego stanu zdrowotnego żołnierzy, zmniejszenia skutków działania promieniowania jonizującego, zapobiegania porażeniu środkami trującymi oraz powstawaniu i szerzeniu się chorób zakaźnych.

Zabiegi te obejmują: ścisłe przestrzeganie przez żołnierzy zasad higieny osobistej, utrzymanie należytego stanu sanitarnego w rejonach rozmieszczenia węzłów i stacji oraz rzutów tyłowych pododdziałów łączności, kontrolę stanu sanitarnego rejonów działania, źródeł wody, żywności, a także stosowanie preparatów radioochronnych i specjalnych leków /odtrutek/ oraz szczepienia ochronne.

Likwidacji skutków użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia w rejonach węzłów łączności obejmuje:

- rozpoznanie stopnia skażenia rejonu i porażenia stanu osobowego oraz środków łączności;
- wyprowadzenie ocalałych sił i środków łączności z rejonów porażeń;
- prowadzenie akcji ratunkowej przez wydobywanie ludzi i sprzętu z miejsc porażenia oraz ewakuowanie ich w miejsca bezpieczne;
- udzielanie pierwszej pomocy medycznej porażonym;
- zabiegi sanitarne i specjalne;

- gaszenie /lokalizację/ pożarów oraz usuwanie zawalin i wykonywanie przejść w zawałach;
- oczyszczanie wody i odkażanie żywności;
- uzupełnianie nowymi siłami i środkami pododdziałów łączności, które znajdowały się w zasięgu rażenia;
- odtwarzanie odwodów łączności /29 str. 44 - 45/.

Realizacja wymienionych przedsięwzięć będzie uzależniona od rozmiarów zniszczeń i użytych przez nieprzyjaciela środków masowego rażenia. Szereg wymienionych przedsięwzięć może być wykonywanych przy użyciu oddziałów /grup/ ratunkowo - ewakuacyjnych organizowanych przez dowódcę i sztab dywizji.

2. Kierunki doskonalenia sposobów zabezpieczenia sił i środków łączności przed skutkami użycia broni neutronowej.

Jak wynika z analizy czynników rażenia broni neutronowej i odporności na nie środków łączności oraz właściwości ochronnych aktualnie wykorzystywanych obiektów zabezpieczających siłę żywą i aparaturę radioelektroniczną, dotychczasowe sposoby zabezpieczania przed bronią masowego rażenia są mało skuteczne.

Całkowite zabezpieczenie sił i środków łączności przed rażącym działaniem broni neutronowej w warunkach polowych jest raczej niemożliwe.

Przez "zabezpieczenie" należy zatem rozumieć działanie /organizacyjne, techniczne/ zmierzające do maksymalnego zmniejszenia skutków użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela.

W związku z tym, że potencjalny przeciwnik nie rezygnuje z żadnego rodzaju broni masowego rażenia, perspektywiczne środki i urządzenia łączności oraz wozy dowódczo - sztabowe powinny być zabezpieczone przed czynnikami rażenia wszystkich rodzajów broni.

Autor proponuje następujące sposoby zabezpieczenia sił i środków łączności przed skutkami użycia przez nieprzyjaciela broni masowego rażenia:

2.1 Przy wykorzystaniu w systemie łączności dywizji aktualnie posiadanych środków i urządzeń łączności.

Przy wykorzystaniu w systemie łączności dywizji aktualnie posiadanych środków i urządzeń łączności z chwilą powstania zagrożenia bronią jądrową należy:

- wybierać do pracy możliwie najwyższe częstotliwości robocze;
- pracować na maksymalnie obniżonych antenach prętowych i o polaryzacji poziomej//polaryzacja impulsu jest pionowa, a wyższe częstotliwości są mniej wrażliwe na działanie impulsu elektromagnetycznego/;
- nie używać przewodowego zdalnego sterowania radiostacjami średniej mocy, ale oddalać je powyżej 5 km od grupy dowodzenia, a do zdalnego sterowania nimi wykorzystać radiostacje UKF małej mocy lub radiolinię;
- nie używać punktów wynośnych do miejsc pracy osób funkcyjnych ale pracować bezpośrednio z wozów dowodzenia;
- linie kablowe rozwijane na węzłach łączności i stanowiskach dowodzenia zakopywać do ziemi;
- nie zostawiać kabla podłączonego do urządzenia, gdy jest on zwinięty w zwoje. /Zwój indukuje większe napięcie od impulsu elektromagnetycznego niż wyprostowany kabel/;
- maksymalnie rozczłonowywać elementy stanowiska dowodzenia i jego węzła łączności;
- przestrzegać uziemienia wszystkich pojazdów samochodowych;
- w miarę możliwości nie stosować wspólnego uziemienia dla wszystkich pojazdów;
- nie stosować centralnego zasilania a wykorzystywać indywidualne agregaty prądotwórcze;
- bezwzględnie przestrzegać zasad maskowania radiowego i optycznego;
- maksymalnie wykorzystywać ukrycia inżynieryjne i właściwości ochronne terenu;
- mieć w stałej gotowości do użycia sprawne indywidualne środki ochrony przed bronią masowego rażenia;
- odwód środków i urządzeń łączności rozmieszczać w odległości powyżej 5 km od węzła łączności;
- urządzenia zapasowe nie eksploatowane muszą być odłączone od anten, źródeł zasilania, kabli i przewodów;
- każdy oddział i związek taktyczny powinien posiadać w swym nienaruszalnym zapasie niezbędne minimum środków radiowych starszych generacji, pracujących wyłącznie na obwodach lampowych /bez elementów półprzewodnikowych/, które można by wykorzystać w procesie dowodzenia wojskami po zniszczeniu przez nieprzyjaciela bronią neutronową nowoczesnych środków i urządzeń łączności. Radiostacje

lampowe są całkowicie odporne na działanie promieniowania neutronowego oraz w dużo większym stopniu niż na elementach półprzewodnikowych - przed rażącym działaniem impulsu elektromagnetycznego.

2.2 W perspektywicznie wprowadzanych środkach i urządzeniach łączności.

W perspektywicznie wprowadzanych środkach i urządzeniach łączności należy przewidzieć następujące zabezpieczenia przed skutkami użycia broni masowego rażenia;

- obwody antenowe wszystkich środków radioelektronicznych zabezpieczyć przed impulsowymi przepięciami i przeciążeniami przez zastosowanie automatycznego "sprzęgła" elektronowego, które z chwilą pojawienia się przepięć odłączyłaby antenę od dalszych elementów i zwarło do masy z szybkością działania rzędu 10^{-9} sekundy oraz podłączyło antenę do dalszych elementów obwodu antenowego z chwilą rozła[illegible]nia przepięcia;
- zasadnicze podze[illegible] aparatury elektronicznej we wszystkich środkach i urządzeniach [illegible]czności oraz automatyki dowodzenia powinny być ekranowane i zabezpieczane przed przepięciami odgromnikami z odpowiednio większą czułością reakcji;
- obwody wejściowe liniowe we wszystkich urządzeniach elektronicznych /teletransmisyjnych, komutacyjnych i końcowych/ należy zabezpieczyć przed przepięciami i przeciążeniami prądowymi ochronnikami /odgromnikami i bezpiecznikami/ o szybkości działania rzędu 10^{-9} sekundy;
- w podzespołach elektrycznych narażonych na działanie impulsu elektromagnetycznego zastosować wysoko-napięciowe kondensatory o napięciu przebicia powyżej 6 kV;
- zastosowanie w aparaturze bardziej odpornych na działanie promieniowania jonizującego elementów i materiałów;
- blokowy montaż podzespołów umożliwiający szybką wymianę w przypadku ich uszkodzenia oraz zastosowanie sygnalizacji optycznej powstałego uszkodzenia w danym bloku;
- wykorzystanie układów, których normalna praca dopuszcza większą tolerancję parametrów elektrycznych;
- wykorzystanie specjalnych układów blokujących i odprowadzających dodatkowe prądy, powstające na skutek działania strumienia neutronów oraz impulsu elektromagnetycznego;

- wykorzystanie krótkofalowych dachowych anten pionowego promieniowania;

- wszystkie metalowe przełączniki i wyłączniki powinny być izolowane gumowymi kapturkami w celu zabezpieczenia obsługi przed porażeniem prądem elektrycznym;

- opancerzenie aparatowni łączności i miejsc pracy osób funkcyjnych, wykorzystywanych na szczeblach taktycznych oraz zastosowanie osłon przeciwneutronowych;

- hermetyzacja aparatowni łączności i miejsc pracy osób funkcyjnych oraz wyposażenie ich w urządzenia filtrowentylacyjne;

- wyposażenie aparatowni łączności w ażektorowe zestawy samochodowe /EZS/ i indywidualne zestawy samochodowe /IZS/, umożliwiające samodzielne prowadzenie zabiegów specjalnych przez załogi;

- polowe linie kablowe należy ekranować co zmniejsza 2,5 - krotnie indukowanie się sem wywołanej impulsem elektromagnetycznym.

W kablach dalekosiężnych należy zastosować conajmniej podwójny ekran gdyż są one b[illegible]ej narażone na oddziaływanie impulsu. /Im więcej warstw ek[illegible] tym mniejsza zaindukuje się sem pod wpływem działania impulsu elektromagnetycznego oraz zwiększy się stopień zabezpieczenia przed "uciekaniem" informacji/.

Czołówki warsztatów naprawczych powinny być zaopatrzone w odpowiednie komplety podzespołów wymiennych, umożliwiające szybkie usunięcie uszkodzeń powstałych w środkach radioelektronicznych.

3. Wnioski

Na podstawie analizy możliwości i sposobów zabezpieczenia sił i środków wykorzystywanych w systemie łączności dywizji, przed skutkami użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela wynikają następujące wnioski:

1. Aparatownie i stacje łączności oraz wozy dowódczo - sztabowe nie zabezpieczają swych obsług i osób funkcyjnych eksploatujących je, przed promieniowaniem neutronowym;

2. Znane i dostępne na obecnym etapie rozwoju nauki, materiały pochłaniające promieniowanie neutronowe i zastosowane w opancerzonych wozach bojowych w postaci osłon przeciwneutronowych, tylko nieznacznie zabezpieczają ludzi i urządzenia radioelektroniczne przed bezpośrednim działaniem promieniowania neutronowego.

3. Jedynym, bardziej skutecznym sposobem zabezpieczania siły

żywej i środków radioelektronicznych przed promieniowaniem neutronowym jest powszechna rozbudowa i wykorzystanie obiektów inżynieryjnych. Obiekty inżynieryjne powinny być kopane nieco głębiej i przykrycia powinny być grubsze około 30 - 40cm w stosunku do obiektów zabezpieczających przed promieniowaniem przenikliwym wybuchu atomowego.

Ze względu na czas rozbudowy inżynieryjnej i pracy SD dywizji na jednym miejscu jest to możliwe tylko w obronie i rejonach ześrodkowania /wyjściowych/.

4. W związku z koniecznością szerszej rozbudowy obiektów inżynieryjnych w rejonach rozwinięcia stanowisk dowodzenia i ich węzłów łączności należy doskonalić środki i strukturę organizacyjną pododdziałów inżynieryjnych, które w krótkim czasie mogłyby rozbudować te rejony szczególnie w działaniach zaczepnych dywizji. Ze względu na czasochłonność w dynamicznych rodzajach działań bojowych ręczna rozbudowa inżynieryjna jest niemożliwa.

5. Nie małą rolę w zabezpieczaniu przed promieniowaniem neutronowym może odegrać odpornienie przestrzenne systemu łączności, polegające na odpowiednim rozśrodkowaniu poszczególnych elementów systemu w terenie oraz organizowanie dublujących się relacji łączności /bezpośrednich i okrężnych/ za pomocą różnego rodzaju środków o różnej odporności na czynniki rażenia broni neutronowej. Odległości między grupami lub zespołami ważniejszych elementów na SD dywizji, aby nie uległy obezwładnieniu lub zniszczeniu jednym uderzeniem neutronowym o mocy 1kt powinny wynosić ok. 3 - 5km.

6. Wszystkie aktualnie wykorzystywane w systemie łączności dywizji środki łączności nie są zabezpieczone przed rażącym działaniem impulsu elektromagnetycznego. Pełne zabezpieczenie środków radioelektronicznych, urządzeń elektronicznych /teletransmisyjnych, komutacyjnych i końcowych/ przed przepięciami i przeciążeniami prądowymi impulsowymi jest możliwe w procesie ich produkcji.

Wprowadzenie na wyposażenie wojsk łączności polowych kabli ekranowych, których rozpoczęto produkcję w naszych zakładach przemysłowych na licencji radzieckiej i bułgarskiej poważnie uodporni system łączności przed impulsem elektromagnetycznym, jednak bardziej podatne na uszkodzenie są urządzenia końcowe, obciążające linie kablowe. Urządzenia te należałoby niezwłocznie zabezpieczyć przed impulsowym przepięciem do 7kV.

Dużą rolę w zabezpieczeniu techniki łączności i automatyki dowodzenia przed rażącym działaniem impulsu elektromagnetycznego mogą odegrać światłowody.

IV. WNIOSKI KONCOWE I PROPONOWANA PROBLEMATYKA DALSZYCH BADAŃ

Broń neutronowa, dzięki swym specyficznym właściwościom bojowym, stanowi jakościowo nowy środek rażenia na polu walki.

W niniejszej rozprawie podmiotem badań była ocena wpływu czynników rażenia broni neutronowej na załogi i środki łączności dywizji jako całości, a także wybór możliwych sposobów obrony łączności przed ich oddziaływaniem.

Przeprowadzona w pracy analiza logiczna i matematyczna wpływu czynników rażenia broni neutronowej na siłę żywą, środki i system łączności dywizji wykazała słuszność założenia przyjętego w hipotezie roboczej.

Zasadniczą literaturą umożliwiającą przeprowadzenie badań są następujące wydawnictwa:

- "Bojewyje swojstwa jadiernowo orużja" - Wyd. MO SSSR 1967 r;
- "Obrona wojsk przed bronią neutronową" - Wyd. Szefostwa Wojsk Chem. MON - Chem. 289/80;
- "Właściwości bojowe broni neutronowej i niektóre problemy działań wojsk oraz obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach jej użycia" /rozprawa habilitacyjna/ - Wyd. ASG WP 1979 r;
- "Radio- i prowodnaja swiaź w usłowiach wysotnych jadiernych wzrywow" - Wyd. MO SSSR Moskwa 1968 r;
- "Effektiwność i bojewyje wozmożności sredstw i kompleksow wojennoj świazi" /Wypusk 5/
  "Effektiwność i elektronnaja zaszczita wojennych sistiem świazi" /Konspiekt Liekcji/ - Wyd. Wojennoj Akademii Swiazi - Leningrad 1976 r;
- IZJUMOW N.M "Kurs radiotechniki" Wyd. MON 1963 r;

W dostępnej dla autora literaturze wpływ czynników rażenia broni neutronowej na systemy łączności nie został naświetlony w sposób kompleksowy i wyczerpujący. Niniejsza rozprawa stanowi pierwsze opracowanie w tym zakresie.

Charakteryzując wykorzystywaną literaturę należy stwierdzić co następuje:

- ocenę wpływu fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego na system łączności ustalono pośrednio, w wyniku odniesienia energii fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego dla wybuchów neutronowych - do odpowiednio mniejszych promieni stref rażenia przyjętych dla broni atomowej;

- ocenę wpływu promieniowania przenikliwego na siłę żywą i środki łączności ustalono na podstawie tabel przyjętych przez Szefostwo Wojsk Chemicznych MON, zakładając odpowiednie osłabienia promieniowania przenikliwego przez nadwozia, w których rozmieszczono obsługi i środki łączności.
Należy przy tym stwierdzić, że aktualnie stosowane w łączności nadwozia opancerzone osłabiają promieniowanie przenikliwe zaledwie w granicach około 3%, natomiast nadwozia nieopancerzone praktycznie nie ograniczają oddziaływania promieniowania przenikliwego;

- ocenę wpływu impulsu elektromagnetycznego na środki łączności wymagało opracowania przez autora rozprawy metodyki obliczeń, umożliwiającej określenie wartości sił elektromotorycznych indukowanych w przewodnikach i odniesienia ich do wytrzymałości elektrycznej elementów i podzespołów łączności.

Zgodnie z dostępną literaturą obliczono natężenie pól elektromagnetycznych impulsu elektromagnetycznego i wartości zaindukowanych sem w przewodnikach elektrycznych różnych środków łączności.
Uzyskanie tych danych nie pozwoliło jednak ocenić utraty właściwości użytkowych sprzętu łączności pod wpływem impulsu elektromagnetycznego. Aby takie oceny uzyskać, zaszła konieczność określenia wytrzymałości na przepięcia i przeciążenia prądowe elementów i podzespołów wykorzystywanych w sprzęcie łączności dywizji oraz ustalenia stref bezpiecznej pracy różnych środków łączności, w promieniu których indukowane sem impulsu elektromagnetycznego nie spowodują zniszczenia lub uszkodzenia środków łączności.
Obliczenia wytrzymałości wybranych elementów i podzespołów łączności oraz wartości powstających przepięć i przeciążeń zrealizowano w rozprawie zgodnie z metodykami obliczeń wykorzystywanymi w radiotechnice.
Potwierdzenie poprawności stosowanej oceny wpływu impulsu elektromagnetycznego uzyskano poprzez porównanie rezultatów obliczeń z fragmentarycznymi danymi przedstawionymi w literaturze radzieckiej.
Ponadto w rozprawie oceniono, że wybuchy neutronowe nie wpływają w sposób zasadniczy na propagację fal radiowych,

a szczątkowe skażenie promieniotwórcze nie naruszają ciągłości pracy systemu łączności dywizji.

Przeprowadzona analiza wykazała, że obsługi, sprzęt i system łączności dywizji zagrożone są przede wszystkim oddziaływaniem promieniowania przenikliwego i impulsu elektromagnetycznego.

Promieniowanie przenikliwe wywołane wybuchem ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokościach 100 - 200 m powoduje obezwładnienie:

- siły żywej łączności w promieniu do 1500 m;
- środków łączności do 1000 m;

Impuls elektromagnetyczny wywołany wybuchem ładunku neutronowego o mocy 1kt na wysokościach 100 - 200 m w zasadzie nie powoduje porażenia ludzi /porażenie obsługi może nastąpić wtórnie, w toku eksploatacji sprzętu/, natomiast strefa obezwładnienia bezprzewodowych środków łączności może nastąpić do 3000 m, a przewodowych - nawet do 4000 m.

Uwzględniając, że na współczesnym polu walki mogą być użyte ładunki neutronowe o mocy do 3kt, strefa bezpiecznej pracy środków łączności może osiągać wartość 4600 m.

W rozprawie oceniono również funkcjonowanie systemu łączności dywizji w warunkach masowego użycia broni neutronowej, tj. przyjęto, że na ugrupowanie bojowe dywizji przeciwnik użył rzędu 10 ładunków neutronowych. Analiza skutków zmasowanego użycia broni neutronowej wykazała, że w danym przypadku aktualnie wykorzystywane środki łączności ulegną prawie całkowitemu obezwładnieniu, natomiast siła żywa łączności może częściowo zachować zdolność bojową.

W rozprawie rozpatrzono również sposoby obrony systemu łączności dywizji przed oddziaływaniem czynników rażenia broni neutronowej.

W rezultacie przeprowadzonej analizy ustalono, że całkowite zabezpieczenie sił, środków i systemu łączności dywizji przed rażącym działaniem broni neutronowej w warunkach prowadzenia działań bojowych jest w zasadzie niemożliwe.

Poprzez podejmowanie odpowiednich przedsięwzięć organizacyjnych i technicznych można jednak poważnie zmniejszyć promienie utraty zdolności bojowej żołnierzy i utraty właściwości użytkowej środków łączności.

Autor zaproponował szereg przedsięwzięć organizacyjnych /przy aktualnie wykorzystywanych środkach i urządzeniach łączności/ i technicznych /w odniesieniu do perspektywicznie wprowadzanego sprzętu łączności/ mających na celu maksymalne zmniejszenie skutków użycia broni neutronowej przez nieprzyjaciela.

Zgodnie z tematem rozprawy doktorskiej autor dokonał analizy wpływu czynników rażenia broni neutronowej na system łączności dywizji. Przedstawione badania są użyteczne do prowadzenia ocen taktycznych, natomiast są niewystarczające dla precyzyjnych ocen technicznych. Uściślenie przedstawionych wyników badań pozwoli pełniej ocenić wpływ broni neutronowej na ciągłość pracy środków i systemów łączności oraz opracować odpowiednie sposoby kompleksowej obrony systemu łączności przed czynnikami rażenia występującymi podczas wybuchów ładunków neutronowych i atomowych, uwzględniając, że zarówno jedne jak i drugie mogą być jednocześnie użyte na przyszłym polu walki.

Oddziaływanie promieniowania neutronowego na elementy półprzewodnikowe oraz na detale teletechniczne stosowane w urządzeniach radioelektronicznych zostały praktycznie zbadane zarówno w Związku Radzieckim jak i w Instytutach Badań Jądrowych w Polsce. Wymaga natomiast dalszych badań wpływ promieniowania neutronowego /szybkich neutronów/ na materiały izolacyjne stosowane w kablach polowych, wykorzystywanych w systemach łączności i w przewodach instalacji elektrycznej w wojskowych pojazdach mechanicznych.

Badania te powinny ocenić obniżanie się rezystancji izolacji w kablach i przewodach na skutek promieniowania neutronowego /chociażby krótkotrwałego/. Może ono mieć bardzo poważne następstwa przy oddziaływaniu na nie w tym czasie impulsu elektromagnetycznego.

Przyjęte w pracy założenia i obliczenia przy ocenie wpływu impulsu elektromagnetycznego na środki i urządzenia łączności wymagają dalszych badań i empirycznego potwierdzenia.

Należałoby przeprowadzić praktyczne badania w celu potwierdzenia odporności na impulsowe przepięcia i przeciążenia prądowe powstałe na skutek oddziaływania impulsu elektromagnetycznego:

- elementów półprzewodnikowych i mikromodułów zamontowanych w urządzeniach;

- obwodów antenowych /nadawczych i odbiorczych/ w urządzeniach bezprzewodowych;

- elementów zabezpieczających urządzenia radioelektroniczne /bezpieczniki i odgromniki oraz sprzęgła przepięciowe/;

- elementów teletechnicznych /szczególnie cewek, transformatorów teletechnicznych i kondensatorów/;

- stopień ekranizacji obudów urządzeń elektronicznych;

- stopień ekranizacji nadwozia aparatowni, pojazdów samochodowych i opancerzonych wozów dowodzenia, zamontowanych w nich środków i urządzeń elektronicznych oraz przewodów instalacyjnych.

Wymienione elementy, podzespoły i środki w sposób zasadniczy /zdaniem autora/ determinują odporność urządzeń elektronicznych. W związku z powyższym, wymagają one empirycznego przebadania umożliwiającego wyciągnięcie odpowiednich wniosków odnośnie skutecznego uodpornienia punktowego urządzeń przed impulsem elektromagnetycznym oraz określenia odległości bezpiecznej pracy poszczególnych środków /szczególnie tych najbardziej wrażliwych/ od centrum wybuchów neutronowych i atomowych, które należy uwzględniać przy planowaniu użycia własnej broni jądrowej.

V. WYKAZ LITERATURY

1. Analiza szkolenia taktyczno - operacyjnego połączonych sił sił zbrojnych NATO za rok 1977. Sz. Gen. 874/78
2. BAŁTRUKIEWICZ Z. Rażące działanie neutronów wybuchu jądrowego. Przegląd Kwat. Nr 1/1978 r.
3. BOGUMIŁ J. Broń jądrowa. Wojsk. Przegl. Techn. Nr 2/3/1984 r.
4. Bojewyje swojstwa jadiernowo orużija. Wyd. MO SSSR 1967 r.
5. Bomba neutronowa wkrótce w amerykańskich arsenałach. Życie Warszawy, 16.. 06 . 1981 r.
6. Bomba neutronowa w Europie. Wyd. SIPRI Stockholm, /tłumaczenie polskie w WIChiR Nr T/427/.
7. Broń neutronowa a czynnik zaskoczenia strategicznego - Cz. I. /Wg poglądów zachodnich - opracowanie własne/, WPZ Nr 4/146/ 1982 r.
8. Broń neutronowa. /Wg poglądów francuskich - opracowanie własne - J.S./, WPZ Nr 6/148/ 1982 r.
9. Broń neutronowa. Podstawowe zasady ochrony. Wyd. SWChem. MON 1979 r.
10. Broń jądrowa. Podręcznik, Chem. 109/63 Wyd. MON 1964 r.
11. CZARNECKI J. Wpływ promieniowania jądrowego na urządzenia elektroniczne. /Monografia/ WIChiR W - wa 1974 r.
12. Z.K. Ćwiczenia sił zbrojnych NATO - "AUTUMN FORGE - 81", WPZ Nr 2 /144/ 1982 r.
13. DERECKI J. Promieniowanie jonizujące. Wyd. PWN W - wa 1975 r.
14. DOBRSKI J. Nawijanie cewek przyrządów elektrycznych. PWT, 1957 r.
15. DODD N.L. Siły jądrowe europejskich państw NATO. /Streszczenie z j. angielskiego/, WPZ Nr 2 /144/ 1982 r.
16. Dowodzenie dywizją /pułkiem/ w działaniach bojowych, Podręcznik - cz I, Zasady ogólne, Wyd. ASG WP, 1981 r.
17. Dieistwie izłuczieniii na matieriały i dietali, Sbornik statiej, Pier. s angl., Atomizdat 1958 r.
18. Effektiwność i bojewyje wozmożności sredstw i kompleksow radioswiazi /Konspiekt liekcji/ Akademia swiazi im. S.M. Budiennowo, Leningrad - 1976 r.
19. Encyklopedia Techniki - Elektronika, WNT, W - wa 1983 r.
20. Encyklopedia Techniki - Teleelektryka, WNT, W - wa 1967 r.
21. FARUK H. Nieznane skutki bomby neutronowej. Problemy Nr 6/1978 r.

22. GEARTNER H. Neutrony środkiem walki, Wehrtechnik Nr 2/77 r.
23. GEARTNER H. Broń neutronowa, WPZ Nr 2/1978 r.
24. GRIFFITHS R. Wykorzystanie głowic neutronowych w rakietach "Lance" /Streszczenie z j. angielskiego/, WPZ Nr 2 /144/ 1982 r.
25. GRYCIUK P. Wpływ wybuchów jądrowych na system łączności dywizji, Myśl Wojskowa Nr 2/1978 r.
26. HECKMANN E. Nowa natowska koncepcja prowadzenia działań wojennych /Streszczenie z j. niemieckiego/, WPZ Nr 5 /153/ 1983 r.
27. HORAK O. Działanie impulsu elektromagnetycznego wywołanego wybuchem jądrowym, /Streszczenie z j. niemieckiego/, WPZ Nr 1 /149/ 1983 r.
28. Instrukcja o obronie wojsk przed bronią masowego rażenia, Chem. 249/75, Wyd. MON 1976 r.
29. Instrukcja łączności - Organizacja łączności w wojskach lądowych, Łączn. 95/60, Wyd. MON 1960 r.
30. Instr. łączn. - Radiostacja R - 137 /R - 137D/ T 1 - 3, Łączn. 573/74 r.
31. Instr. łączn. - Radiostacja R - 140 /R - 140D/, Łączn. 406/69 r.
32. Instr. łączn. - Radiostacja R - 118BMZ, Łączn. 214/64 r.
33. Instr. łączn. - Radiostacje R - 105M, R - 108M, R - 109M, Łączn. 223/64 r.
34. Instr. łączn. - Radiostacja R - 107, Łączn. 425/69 r.
35. Instr. łączn. - Radiostacja RD - 115, Łączn. 562/73 r.
36. Instr. łączn. - Stacja radioliniowa R - 409MT T 1 - 2, Łączn. 591/74 r.
37. Instr. łączn. - Stacja radioliniowa R - 405Z, Łączn. 390/69 r.
38. Instr. łączn. - Wóz dowódczo - sztabowy SKOT R - 3, Łączn. 458/70 r.
39. Instr. fabr. - Wóz dowódczo - sztabowy SKOT R - 3M Nr bibl. 021004.
40. Instr. łączn. - Wóz dowódczo - sztabowy SKOT R - 3Z, Łączn. 577/74 r.
41. Instr. łączn. - Wóz dowódczo - sztabowy SKOT R - 3A, i R - 2A, Łączn. 514/72 r.
42. Instr. łączn. - Ruchomy węzeł łączności RWŁ - 1M, Łączn. 800/81 r.

43. Instr. łączn. - Ruchomy węzeł łączności R - 146, Łączn. 684/77 r.
44. Instr. łączn. - Aparatownia ATf - TI, Łączn. 635/76 r.
45. Instr. łączn. - Aparatownia telegraficzna typu ATgS, Łączn. 773/80 r.
46. Instr. łączn. - Kablowe linie łączności T - 1, Łączn. 213/64 r.
47. Instr. naprawy samochodów Star - 28, Star - 29 i Star - 38, Wyd. Przemysłu Maszynow. "Mewa", W - wa 1983 r.
48. IZJUMOW N.M. Kurs radiotechniki, Wyd. MON 1963 r.
49. JASTAK Z. - Informator o skutkach działania broni jądrowej, Wyd. MON 1971 r.
50. KING M.A. FLEMING P.B. Oddziaływanie wybuchów jądrowych na systemy łączności /Streszczenie z j. angielskiego/ WPZ Nr 5 /135/ 1980
51. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, Szt. Gen. 1103/83 r.
52. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, Szt. Gen. 1017/81 r.
53. KONOBIEJEWSKIJ Diejstwie obkuczienia na matieriały, Atomizdat 1967 r.
54. KOSSENBERG K. i RUCINSKI Elementy łączeniowe sygnalizacyjne i zabezpieczające T-III PWT 1956 r.
55. KRZYSZOWSKI Cz. Działanie broni neutronowej Nr bibl. Pf 18809.
56. Leksykon wiedzy wojskowej, Wyd. MON 1979 r.
57. ŁOGACZEW W. Nieitronnaja bomba, Wojennyj Wiestnik Nr 1/78 r. /tłumaczenie polskie PWL Nr 7 - 8/78 r./.
58. Metodyka prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych Cz. I, Chem. 265/77 r.
59. Metodyka prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych Cz. II, Chem. 267/77 r.
60. Metodyka oceny sytuacji promieniotwórczej w terenie, Chem. 244/74 r.
61. Międzynarodowy układ jednostek miar "SI", PWN W - wa 1971 r.
62. Niektóre aspekty ochrony przed bronią neutronową, /Streszczenie z j. rosyjskiego/ WPZ Nr 1/80 r.
63. NIEMCEWICZ L. Radiotechnika, Wzory, definicje, obliczenia, WKiŁ 1965 r.

64. Nowe elementy w organizacji obrony przed bronią masowego rażenia, Biul. Inf. Nr 4 /109/ 1972 r.
65. Obrona wojsk przed bronią neutronową, Podręcznik - Chem. 289/80 r.
66. Obrona pododdziałów przed bronią masowego rażenia w działaniach bojowych, Podręcznik - Chem. 277/78 r.
67. Ogólna charakterystyka skutków uderzeń jądrowych na sprzęt techniczny i środki materiałowo - technicznego zaopatrzenia, Biul. Inf. Nr 2 /120/ 1975 r.
68. Ogólnowojskowe Vademecum taktyczne dla nauczycieli akademickich i słuchaczy, Wyd. ASG WP, 1981 r.
69. PATKOWSKI K. i inni, Węzły łączności cz.I Wiadomości ogólne i struktura organizacyjna węzłów łączności, Podręcznik - Wyd. ASG WP 1983 r.
70. PATKOWSKI K. i inni, Wykorzystanie środków technicznych w polowych systemach łączności, Podręcznik - Wyd. ASG WP 1981 r.
71. PATKOWSKI K. Perspektywiczne systemy łączności uwzględniające przewidywane wymagania taktyczno - operacyjne dowodzenia wojskami. Praca naukowo - badawcza, Wyd. ASG WP 1983 r.
72. PIEKARSKI H. Zagrożenie radioelektroniczne w operacji zaczepnej armii /frontu/ na Północnym i Centralnym Kierunku Strategicznym ZTDW, Skrypt ASG WP, 1983 r.
73. PIĘTA J. Podstawy teoretyczne i specyfika rażącego działania broni neutronowej, /Opracowanie wstępne/, Wyd. ASG WP 1978 r.
74. PIĘTA J. Właściwości bojowe broni neutronowej i niektóre problemy działań wojsk oraz obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach jej użycia, Rozprawa habilitacyjna Wyd. ASG WP 1979 r.
75. PIĘTA J. Działania wojsk w warunkach użycia broni neutronowej, Rozprawa habilitacyjna - Wyd. ASG WP 1980 r.
76. PIĘTA J. Likwidacja skutków uderzeń neutronowych w wojskach operacyjnych, Zeszyty Naukowe Nr 3/79 r.
77. PIĘTA J. O działaniu wybuchu neutronowego na sprzęt radioelektroniczny, Zeszyty Naukowe Nr 2/79 r.

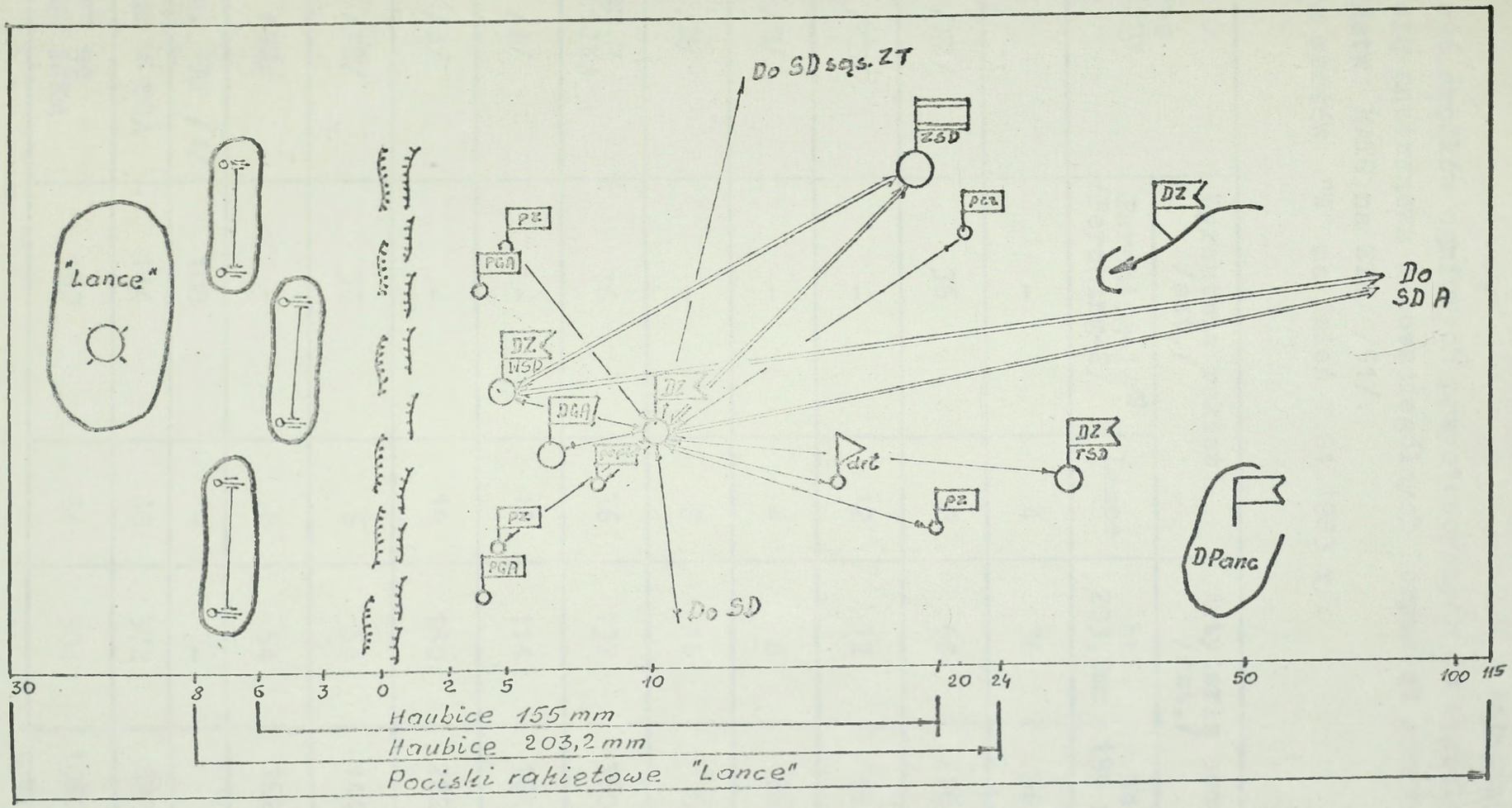
78. PIĘTA J. Przedsięwzięcia obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach użycia broni neutronowej, Myśl Wojskowa Nr 4/1978 r.
79. POSIM H. Obrona przed bronią masowego rażenia w operacji zaczepnej armii, Myśl Wojskowa Nr 3/1973 r.
80. Podręcznik łącznościowca cz. XII - Organizacja łączności na szczeblach taktycznych, Łączn. 358/68 r.
81. Przeciw broni neutronowej, Zeszyty Dokumentacyjne Nr 2/127, Wyd. Centralny Ośrodek Dokumentacji Prasowej przy PAP, 1978 r.
82. RABAN J. Broń neutronowa, Przegląd OTK Nr 1/1978 r.
83. Radio- i prowodnaja swiaź w usłowiach wysotnych jadiernych wzrywow, MO SSSR Moskwa 1968 r.
84. Regulamin walki wojsk lądowych SZ PRL cz. I - Dywizja - Brygada - Pułk /projekt/ Wyd. GZSzBoj., ASG WP, 1984r.
85. SERAFINOWICZ St. Promieniowanie neutronowe, WPT Nr 1/1975 r.
86. SEIFRITZ W. Działanie broni neutronowej /streszczenie z j. angielskiego/, WPZ Nr 3/145/ 1982 r.
87. Strategiczno-operacyjne, dowódczo-sztabowe ćwiczenie połączonych sił zbrojnych NATO "WINTEX - 77" Szt. Gen. 834/77.
88. Strategiczno-operacyjne, dowódczo-sztabowe ćwiczenie połączonych sił zbrojnych NATO "WINTEX/CIMEX - 79", Szt. Gen. 949/79.
89. SZARSKI K. Zminiaturyzowane ładunki jądrowe, Wyd. MON W-wa 1981 r.
90. SZPERKE R. 1000 słów o atomie i technice jądrowej, Wyd. MON W-wa 1982 r.
91. Vademecum łączności szczebla taktycznego cz. I Wyd. ASG WP 1981 r.
92. WAWIŁOW W.S., UCHIN N. A. Radiacyjne zjawiska w półprzewodnikach i urządzeniach półprzewodnikowych, Wyd. PWN W-wa 1971 r.
93. WESOŁOWSKI J. Wpływ przepięć na aparat telefoniczny, Przegl. Telekom. Nr 6/1981 r.
94. WOLSZCZAK S. Amatorskie odbiorniki tranzystorowe, WNT W-wa 1965 r.
95. Zasady użycia broni jądrowej w siłach zbrojnych NATO, Szt. Gen. 626/72.

96. ZASŁAWSKIJ I.C. Radiacionnaja stoikość smozocznych matieriałow, Atomiżdat, 1961 r.
97. Zabezpieczenie chemiczne działań bojowych pułku i dywizji, Podręcznik - Chem. 295/80.
98. Związki taktyczne i operacyjne w działaniach zaczepnych, Szt. Gen. 951/79.
99. Związki taktyczne i operacyjne w działaniach obronnych, Szt. Gen. 885/78.
100. ŻYTYŃSKI E. Substancje radioochronne, Wojskowy Przegl. Techn. Nr 1/1975 r.

VI. ZAŁĄCZNIKI

1. Zagrożenie systemu łączności dywizji bronią neutronową.
2. Ilość środków ogniowych przystosowanych do strzelania amunicją neutronową w poszczególnych korpusach armijnych armii państw NATO na ETW.
3. Promienie stref utraty właściwości użytkowych budynków podczas wybuchów neutronowych o różnej mocy na skutek działania fali uderzeniowej.
4. Promienie stref powstawania zawałów i zniszczeń w miastach i obszarach zalesionych na skutek działania fali uderzeniowej, po wybuchach neutronowych o różnej mocy.
5. Wykresy zależności impulsu skutecznego promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1kt przy różnej przeźroczystości powietrza.
6. Wykresy zależności impulsu skutecznego promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego wybuchu neutronowego o mocy 1kt przy różnej wysokości wybuchu.
7. Tabela zależności impulsu skutecznego promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1kt przy różnej przeźroczystości powietrza.
8. Promienie stref powstawania pożarów w osiedlach oraz lasach i masywach suchej roślinności podczas wybuchów neutronowych.
9. Dawki promieniowania przenikliwego w różnej odległości od wybuchu neutronowego.
10. Promienie i pola rażenia ludności od wybuchu neutronowego.
11. Wielkość strumienia neutronów w funkcji odległości od wybuchu neutronowego.
12. Wykresy wielkości strumienia neutronów w funkcji odległości od wybuchu neutronowego.
13. Wielkość strumienia neutronów w funkcji odległości od wybuchu atomowego.
14. Odległość początku linii od centrum wybuchu atomowego, przy której wielkość impulsowego napięcia w żyłach kablowej linii łączności nie przewyższa 7kV.
15. Wielkość napięć zaindukowanych w różnego typu antenach rozwiniętych w centrum wysokiego wybuchu atomowego dokonanego na wysokości 100km przy różnych mocach wybuchów
16. Normy rozmieszczenia, rozwijania i zwijania stanowisk dowodzenia.

17. Normy rozwijania i zwijania polowych węzłów łączności.
18. Struktura organizacyjna WŁ SD DZ /DPanc/.
19. Rozmieszczenie elementów węzła łączności na SD dywizji.
20. Rozmieszczenie elementów stanowiska dowodzenia dywizji /wariant/.
21. Rozmieszczenie elementów węzła łączności na WSD dywizji.
22. Rozmieszczenie elementów węzła łączności na TSD dywizji.
23. Rozmieszczenie elementów węzła łączności na SD pułku.
24. Rodzaje anten wykorzystywanych do pracy środków łączności radioelektronicznej na szczeblu dywizji.
25. Rozmieszczenie sił i środków łączności w kolumnie marszowej SD dywizji.



Zagrożenie systemu łączności dywizji bronią neutronową

Załącznik 2

Ilość środków ogniowych przystosowanych do strzelania amunicją neutronową w poszczególnych korpusach armijnych armii państw NATO na ETW /51/.
/wg etatów "W" na dzień 1.01.1983 r/.

Korpus armijny	Wyrzutnie rakiet. /szt./		Artyleria atom. /szt./		Razem
	Pershing-1A*) /Pershing-2/	Lance	hb 203,2mm	hb 155 mm	
JKA	-	4	36	54	94
1KA /NZ/	36	8	60	216	320
1KA /WB/	-	12	12	48	72
1KA /B/	-	4	8	36	48
1KA /H/	-	8	16	6	30
Razem w FGA iJKA	36	36	132	360	564
5KA /A/	-	18	114	162	294
7KA /A/	-	18	150	222	390
2KA /NZ/	36	6	54	144	240
3KA /NZ/	-	6	54	162	222
Jedn. 7AP /A/	108	-	-	-	108
Razem w CGA	144	48	372	690	1254
Razem na SETDW iJKA	180	84	504	1050	1818

*) Wyrzutnie Pershing-1A zastępuje się obecnie wyrzutniami Pershing-2, przystosowanymi do przenoszenia ładunków neutronowych.

Załącznik 3

Promienie stref r /km/ utraty właściwości użytkowych budynków podczas wybuchów neutronowych o mocy na skutek działania fali uderzeniowej /58 str. 108/

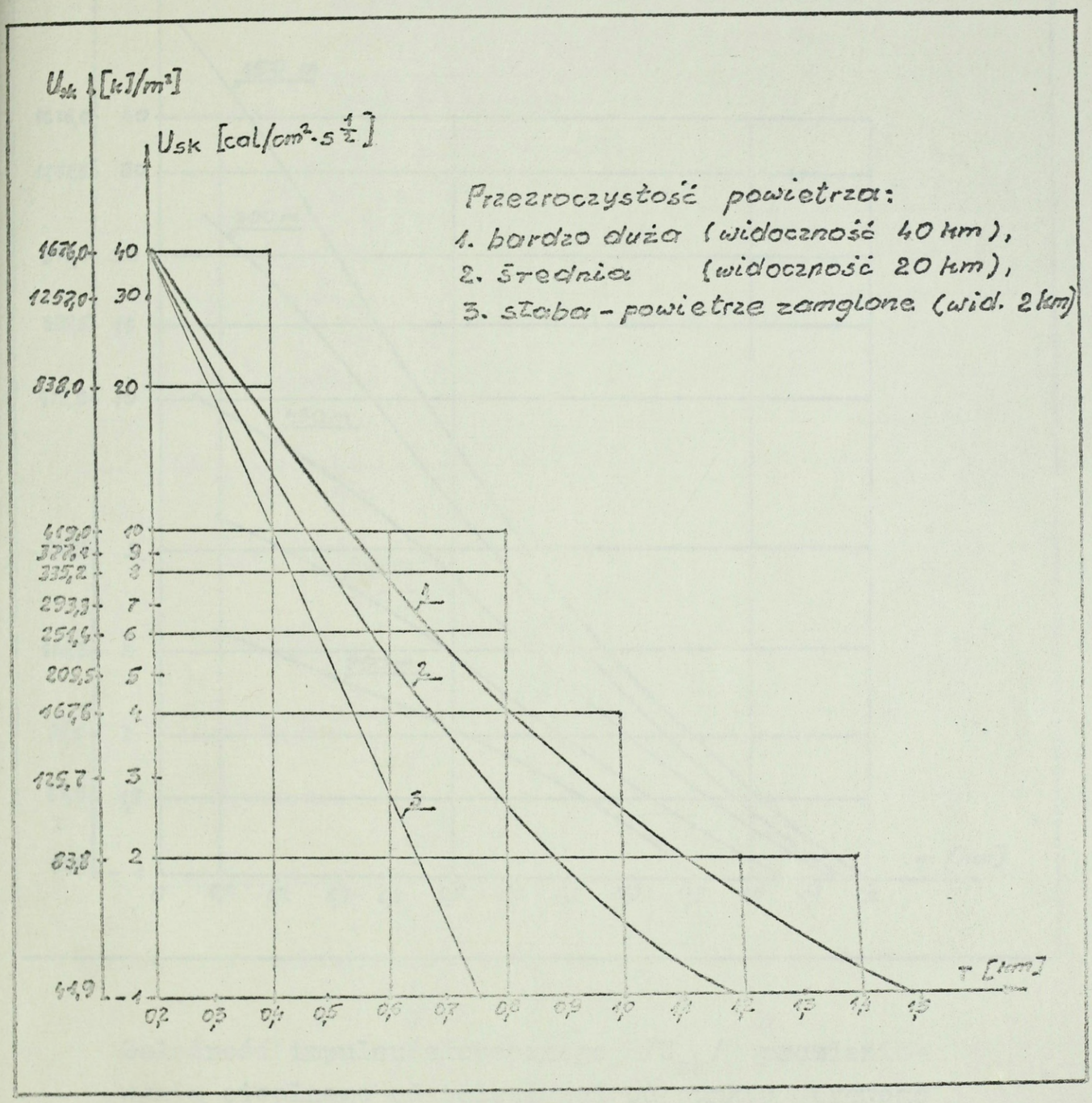
Rodzaj obiektu	Nadciśn. fali uderz. /kPa/ /kG/cm^2/	Moc wybuchu /kt/			
		1	2	3	5
Zniszczenie oszklenia w 40 - 50%	1,47-2,94 / 0,015-0,03	2,8	4,0	4,8	6,0
Całkowite zniszczenie oszklenia	4,9 / 0,05	1,3	1,7	2,2	2,8
Domy drewniane	9,8 / 0,1	0,8	1,1	1,3	1,8
Budynki murowane wielopiętrowe	14,7 / 0,15	0,53	0,76	0,94	1,2
Budynki murowane o małej ilości pięter	19,6 / 0,2	0,5	0,68	0,79	1,0
Budynki przemysłowe o lekkiej konstrukcji stalowej oraz budynki bez uzbrojenia	29,4 / 0,3	0,38	0,52	0,6	0,76
Budynki przemysłowe o ciężkiej konstrukcji stalowej i żelbetowej	49,1 / 0,5	0,28	0,38	0,46	0,58
Linie wysokiego napięcia i sieci energetycz.	58,9 / 0,6	0,25	0,32	0,4	0,5
Budynki z betonu i żelbetonu	98,1 / 1,0	0,20	0,25	0,30	0,38
Całkowite zburzenie wszelkich budynków oprócz budowli żelazobetonowych o konstruk. antysejsmicznej	137,3 / 1,4	0,18	0,21	0,25	0,32
Zniszczenie budynków żelazobetonowych o konstrukcji antysejsmicznej	166,8 / 1,7	0,15	0,19	0,22	0,28

Załącznik 4

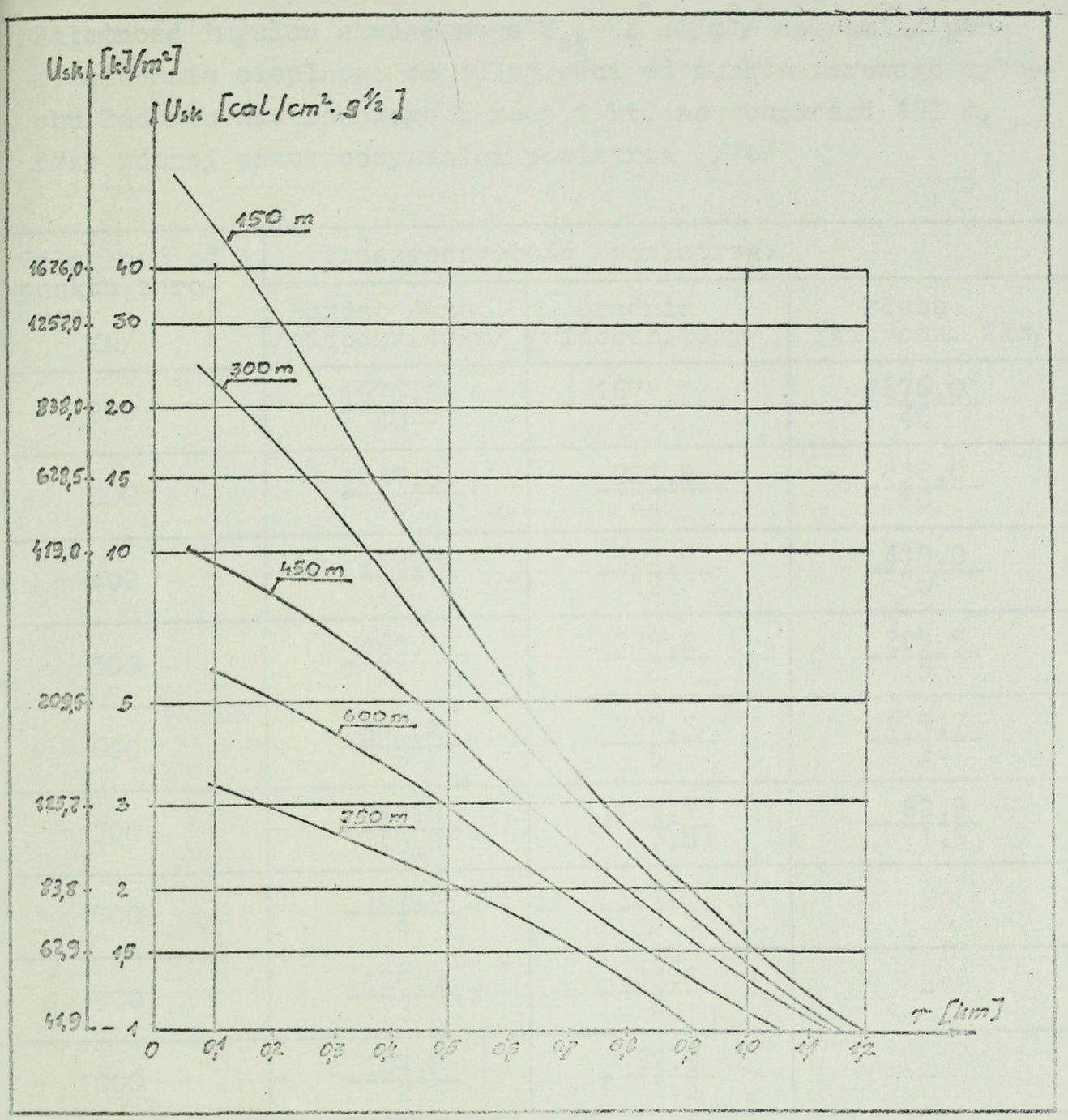
Promienie stref r /km/ powstawania zawałów i zniszczeń w miastach i obszarach zalesionych na skutek działania fali uderzeniowej po wybuchach neutronowych o różnej mocy /58/

Rodzaj zawału	Nadciśnienie fali uderzeniow. /kPa/ /kG/cm^2/	Moc wybuchu /kt/			
		1	2	3	5
1. W osiedlach:					
- zawały przestrzenne:					
- przy gęstości zabudowy 20-50%	39,2-58,9 / 0,4-0,6	mało prawdopodobne			
- przy gęstości zabudowy ponad 50%	39,2-58,9 / 0,4-0,6	0,12	0,17	0,23	0,29
- zawały punktowe	19,6-39,2 / 0,2-0,4	0,34	0,49	0,65	0,82
2. W lasach:					
- całkowite zniszczenie lasu	49,1 / 0,5	0,24	0,34	0,45	0,57
- zawały przestrzenne	29,4-49,1 / 0,3-0,5	0,29	0,42	0,55	0,69
- zawały punktowe	9,8-29,4 / 0,1-0,3	0,4	0,57	0,75	0,94

Uwaga:
Promienie stref zniszczenia i zawałów w młodym lesie są o 1,2 do 1,3 razy mniejsze niż w starym.



Zależność impulsu skutecznego /U_{sk}/ promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego /r/ wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt przy różnej przezroczystości powietrza /74 str. 52 /



Zależność impulsu skutecznego /U_{sk}/ promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt przy różnej wysokości wybuchu i średniej przezroczystości powietrza /widoczn. 20 km / , /74 str. 54/

Załącznik 7

Zależność impulsu skutecznego U_{sk} [kJ/m^2 / cal/cm^2] promieniowania cieplnego od odległości od punktu zerowego wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 kt, na wysokości 150 m, przy różnej przezroczystości powietrza /74/

Odległość od punktu zerowego /m/	Przezroczystość powietrza:		
	bardzo duża /widoczn.40km/	średnia /widoczn.20km/	słaba /widoczn. 2km/
200	1676,0 / 40	1676,0 / 40	1676,0 / 40
300	1047,5 / 25	921,8 / 22	838,0 / 20
400	712,3 / 17	502,8 / 12	419,0 / 10
500	460,1 / 11	335,2 / 8	209,5 / 5
600	335,2 / 8	209,5 / 5	125,7 / 3
700	243,0 / 5,8	159,2 / 3,8	62,9 / 1,5
800	167,6 / 4	104,8 / 2,5	-
900	125,7 / 3	83,8 / 2	-
1000	104,8 / 2,5	62,9 / 1,5	-
1100	83,8 / 2	50,3 / 1,2	-
1200	71,2 / 1,7	41,9 / 1	-
1300	62,9 / 1,5	-	-
1400	50,3 / 1,2	-	-
1500	41,9 / 1	-	-

Załącznik 8

Promienie stref r /km/ powstawania pożarów w osiedlach oraz lasach i masywach suchej roślinności podczas wybuchów neutronowych /przy bardzo słabym zamgleniu /58/

Rodzaj pożaru /granica zewnętrzna/	Moc wybuchu /kt/			
	1	2	3	5
1. W osiedlach:				
- przestrzenny	0,35	0,52	0,73	0,95
- punktowy	0,85	1,15	1,45	1,85
2. W lesie iglastym latem:				
- przestrzenny	nie występuje			
- punktowy	0,6	0,86	1,15	1,5
3. W lesie mieszanym latem:				
- przestrzenny	-	0,4	0,59	0,74
- punktowy	0,6	0,86	1,15	1,5
4. W lesie liściastym latem:				
- przestrzenny	0,35	0,51	0,73	0,89
- punktowy	0,6	0,86	1,15	1,5
5. W masywach suchej roślinności:				
- przestrzenny	0,42	0,61	0,83	1,1

Uwagi:

1. Zimą przy pokrywie śnieżnej pożary w lasach i masywach roślinności nie powstają;
2. Przy innych warunkach atmosferycznych odległości podane w tabeli należy pomnożyć przez następujące współczynniki:
   - powietrze czyste - przez 1,05;
   - słabe zamglenie - przez 0,95;
   - powietrze zadymione - przez 0,90;
   - mgła - przez 0,75.

Załącznik 9

Dawki promieniowania /w Rentg./ w różnych odległościach od punktu zerowego wybuchu neutronowego /65 str. 49/

Odległość /m/	Moc wybuchu /kt/					
	0,1	0,2	0,5	1	2	5
200	134000	268000	665000	1330000	2680000	6650000
300	42500	85000	212500	425000	850000	2125000
400	16800	33600	84500	169000	336000	845000
500	7720	15440	38600	77000	154400	386000
600	3720	7580	18950	37900	75800	189500
700	1990	3980	9950	19900	39800	99500
800	1080	2160	5400	10800	21600	54000
900	605	1210	3025	6050	12100	30250
1000	349	700	1740	3480	7000	14400
1100	205	410	1025	2050	4100	10250
1200	120	240	600	1200	2400	6000
1300	74	150	370	740	1500	3700
1400	45	90	228	456	900	2280
1500	28	56	140	280	560	1400
1600	17	34	85	170	340	850
1700	11	22	55	110	220	550
1800	7	14	35	70	140	350
1900	4	8	22	44	80	220
2000	3	6	15	29	60	150
2100	2	4	9	19	40	90
2200	1	2	6	12	20	60

Załącznik 10a

Promienie r /m/ i powierzchnia S /km^2/ rażenia ludności od wybuchu neutronowego /65 str. 77/

Moc wybuchu /kt/	I stopień choroby 100-250 R		II stopień choroby 250-400 R		III stopień choroby 400-600 R		IV stopień choroby ponad 600R		Forma błyskawiczna pon.5000 R	
	r /m/	S /km^2/	r /m/	S /km^2/	r /m/	S /km^2/	r /m/	S /km^2/	r /m/	S /km^2/
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ludzie nie ukryci										
0,1	1250	4,9	1050	3,46	950	2,83	900	2,54	550	0,95
0,2	1400	6,16	1200	4,52	1100	3,8	1000	3,14	650	1,33
0,5	1550	7,55	1400	6,16	1250	4,9	1200	4,52	800	2,01
1	1700	9,08	1500	7,07	1450	6,6	1350	5,72	950	2,83
2	1850	10,75	1650	8,55	1550	7,55	1450	6,6	1050	3,46
5	2100	13,85	1850	10,75	1750	9,62	1650	8,55	1200	4,52
Ludzie w budynkach drewnianych /przy współczynniku osłabienia - 10/										
0,1	800	2,01	650	1,33	600	1,13	550	0,95	300	0,28
0,2	950	2,83	750	1,77	700	1,54	650	1,33	350	0,38
0,5	1100	3,8	950	2,83	850	2,27	750	1,77	450	0,64
1	1250	4,9	1050	3,46	950	2,83	900	2,54	550	0,95
2	1400	6,16	1200	4,52	1100	3,8	1000	3,14	650	1,33
5	1550	7,55	1350	5,72	1250	4,9	1200	4,52	800	2,01
Ludzie w budynkach murowanych niskich /przy współczynniku osłabienia - 15/										
0,1	750	1,77	600	1,13	550	0,95	450	0,64	250	0,2
0,2	850	2,27	700	1,54	650	1,33	550	0,95	300	0,28
0,5	1000	3,14	850	2,27	750	1,77	700	1,54	400	0,5
1	1150	4,15	1000	3,14	900	2,54	800	2,01	500	0,78
2	1300	5,3	1150	4,15	1050	3,46	950	2,83	600	1,13
5	1500	7,07	1300	5,3	1200	4,52	1100	3,8	750	1,77

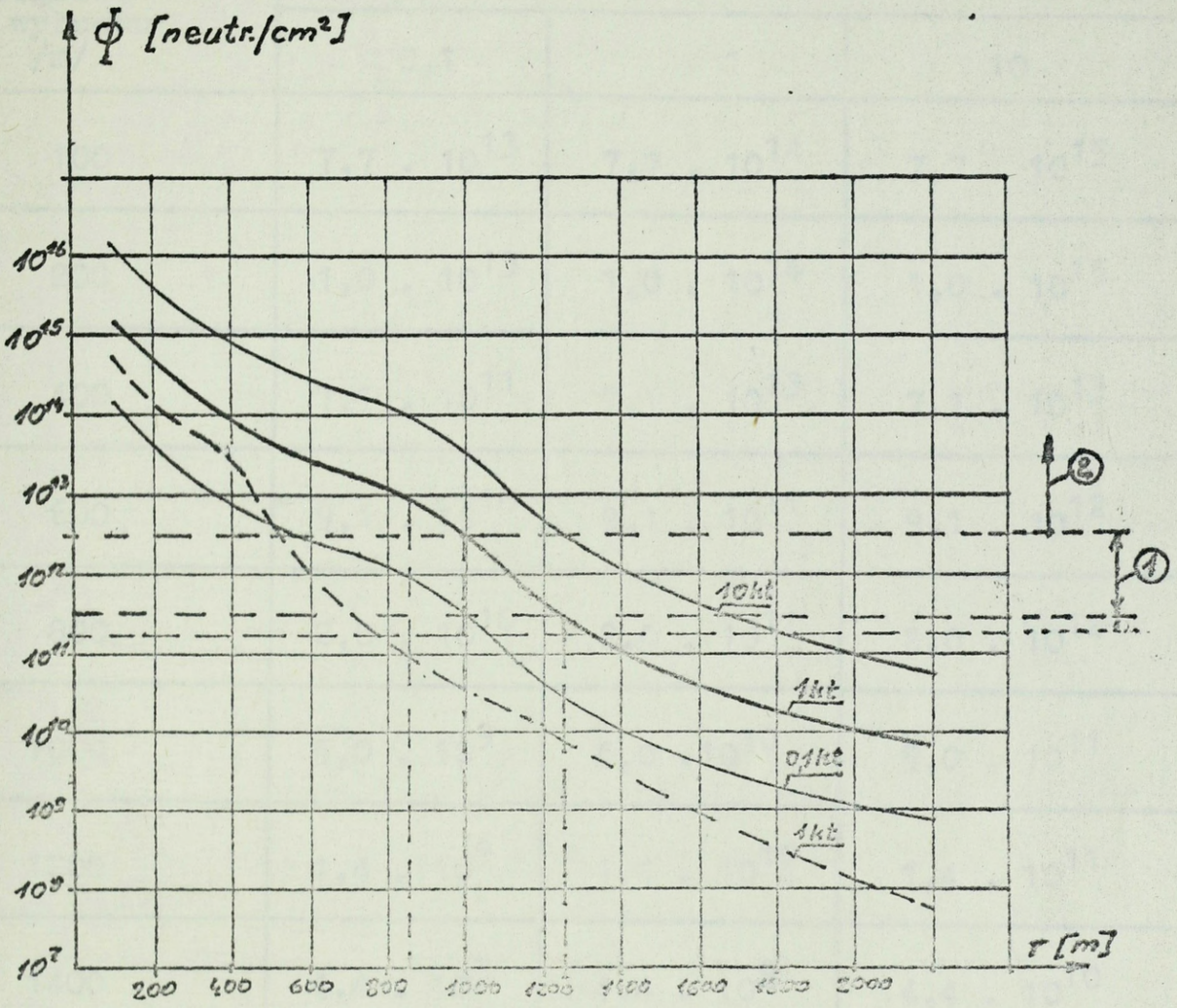
Załącznik 10b

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ludzie w budynkach cztero i więcej piętrowych /przy współczynniku osłabienia - 20/										
0,1	700	1,54	550	0,95	500	0,78	450	0,64	200	0,13
0,2	800	2,01	650	1,33	600	1,13	550	0,95	250	0,2
0,5	950	2,83	800	2,01	750	1,77	650	1,33	350	0,38
1	1100	3,8	950	2,83	850	2,27	750	1,77	450	0,64
2	1250	4,9	1050	3,46	950	2,83	900	2,54	550	0,95
5	1450	6,6	1250	4,9	1150	4,15	1050	3,46	700	1,54
Ludzie w schronach /piwnicach/ /przy współczynniku osłabienia - 200/										
0,1	200	0,13	150	0,07	125	0,05	100	0,03	75	0,02
0,2	250	0,2	175	0,09	150	0,07	125	0,05	100	0,03
0,5	300	0,28	200	0,13	175	0,09	150	0,07	125	0,05
1	350	0,38	300	0,28	200	0,13	175	0,09	150	0,07
2	450	0,64	350	0,38	275	0,24	250	0,2	175	0,09
5	600	1,13	450	0,64	375	0,44	350	0,38	200	0,13

Załącznik 11

Wielkość strumienia neutronów /neutr./cm^2/ w funkcji odległości od wybuchu neutronowego /74 str. 71/

Odległość od wybuchu /m/	Moc wybuchu /kt/		
	0,1	1	10
100	$1{,}8 \cdot 10^{14}$	$1{,}8 \cdot 10^{15}$	$1{,}8 \cdot 10^{16}$
200	$6{,}0 \cdot 10^{13}$	$6{,}0 \cdot 10^{14}$	$6{,}0 \cdot 10^{15}$
400	$1{,}4 \cdot 10^{13}$	$1{,}4 \cdot 10^{14}$	$1{,}4 \cdot 10^{15}$
600	$4{,}5 \cdot 10^{12}$	$4{,}5 \cdot 10^{13}$	$4{,}5 \cdot 10^{14}$
800	$1{,}5 \cdot 10^{12}$	$1{,}5 \cdot 10^{13}$	$1{,}5 \cdot 10^{14}$
1000	$5{,}8 \cdot 10^{11}$	$5{,}8 \cdot 10^{12}$	$5{,}8 \cdot 10^{13}$
1200	$6{,}4 \cdot 10^{10}$	$6{,}4 \cdot 10^{11}$	$6{,}4 \cdot 10^{12}$
1400	$1{,}7 \cdot 10^{10}$	$1{,}7 \cdot 10^{11}$	$1{,}7 \cdot 10^{12}$
1600	$7{,}0 \cdot 10^{9}$	$7{,}0 \cdot 10^{10}$	$7{,}0 \cdot 10^{11}$
1800	$3{,}4 \cdot 10^{9}$	$3{,}4 \cdot 10^{10}$	$3{,}4 \cdot 10^{11}$



Wielkość strumienia neutronów Φ [neutr/cm^2] w funkcji odległości od wybuchu ładunku jądrowego /74 str. 70 i 71/

——— - od wybuchu ładunków neutronowych

- - - - - od wybuchu ładunku atomowego

① - strefa zmian charakterystyk elektrycznych detali elektronicznych,

② - strefa zniszczeń detali elektronicznych.

Załącznik 13

Wielkość strumienia neutronów [neutr./cm^2] w funkcji odległości od wybuchu atomowego /74 str. 70/

Odległość od wybuchu /m/	Moc wybuchu /kt/		
	0,1	1	10
100	$7,7 \cdot 10^{13}$	$7,7 \cdot 10^{14}$	$7,7 \cdot 10^{15}$
200	$1,0 \cdot 10^{13}$	$1,0 \cdot 10^{14}$	$1,0 \cdot 10^{15}$
400	$7,1 \cdot 10^{11}$	$7,1 \cdot 10^{13}$	$7,1 \cdot 10^{13}$
600	$9,1 \cdot 10^{10}$	$9,1 \cdot 10^{11}$	$9,1 \cdot 10^{12}$
800	$2,0 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{11}$	$2,0 \cdot 10^{12}$
1000	$5,0 \cdot 10^{9}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{11}$
1200	$1,4 \cdot 10^{9}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$1,4 \cdot 10^{11}$
1400	$4,4 \cdot 10^{8}$	$4,4 \cdot 10^{9}$	$4,4 \cdot 10^{10}$
1600	$1,3 \cdot 10^{8}$	$1,3 \cdot 10^{9}$	$1,3 \cdot 10^{10}$
1800	$4,4 \cdot 10^{7}$	$4,4 \cdot 10^{8}$	$4,4 \cdot 10^{9}$

Odległość /km/ początku linii od centrum wybuchu atomowego, przy której wielkość impulsowego napięcia w żyłach kablowej linii łączności nie przewyższa 7 kV /83 str. 44/

Moc ładunku atomow. /kt/			1	10	50	100	300	500	1000
Bezpieczna odległość początku linii /km/ od centrum wybuchu atomowego	przy współczynniku ekranizacji η = 1								
	naziemnego		2,4	3,5	4,0	4,2	4,6	4,8	5,0
	powietrznego na wysok. H /km/	0,5	1,9	2,8	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
		1,0	1,1	2,0	2,5	2,7	3,0	3,1	3,2
		1,5	0	0,75	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1
		2,0	0	0	0	0	0	0	0
	przy współczynniku ekranizacji η = 2,5								
	naziemnego		1,4	2,0	2,4	2,5	2,8	2,85	2,9
	powietrzn. na wysok. H /km/	0,5	1,0	1,5	1,85	2,0	2,2	2,3	2,4
		1,0	0	0,7	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6
		1,5	0	0.	0	0	0	0	0

Przypuszczalna wielkość maksymalnego napięcia /kV/ w przewodach napowietrznej linii łączności, w odniesieniu do ziemi, po wybuch atomowym w rejonie linii łączności, położonych promieniście w stosunku do centrum wybuchu /83 str. 46/

Rodzaj wybuchu \ q /kt/		1	10	50	100	300	500	1000
naziemny		540	1000	1335	1470	1700	1800	1950
powietrzny na wysokości H /km/	0,5	54	100	133.	147	170	180	195
	1,0	12	22	30	33	37	40	43
	1,5	4,5	7,5	10,5	11,3	12,9	13,7	14,7

Wielkości napięć U /V/ zaindukowanych w różnego typu antenach rozwiniętych w centrum wysokiego wybuchu atomowego dokonanego na wysokości 100 km, przy różnych mocach wybuchu /18 str. 131/

Moc wybuchu /kt/	Wielkość zaindukowanych napięć /V/ w antenach				
	anteny prętowe		typu "T"	ant. fali bieżącej	
	4 m	10 m	2x20/10	150 m	250 m
1	0,5	2	200	300	800
2	0,6	3	300	700	1200
5	0,8	8	800	2000	4000
10	2	10	1000	3000	6000
50	5	40	4000	6000	10000
100	8	60	6000	9000	20000
1 Mt	30	200	20000	40000	60000
10 Mt	100	700	60000	80000	200000

Wielkość napięć U /kV/ zaindukowanych w przewodach napowietrznej linii łączności o długości 300 km, przechodzącej przez centrum wysokiego wybuchu atomowego na wysokości 50 km przy różnej mocy wybuchu /18 str. 130/

q /kt/	100	200	300	500	1 Mt	2 Mt	3 Mt	5 Mt	10 Mt
U /kt/	15	20	25	30	45	60	70	100	150

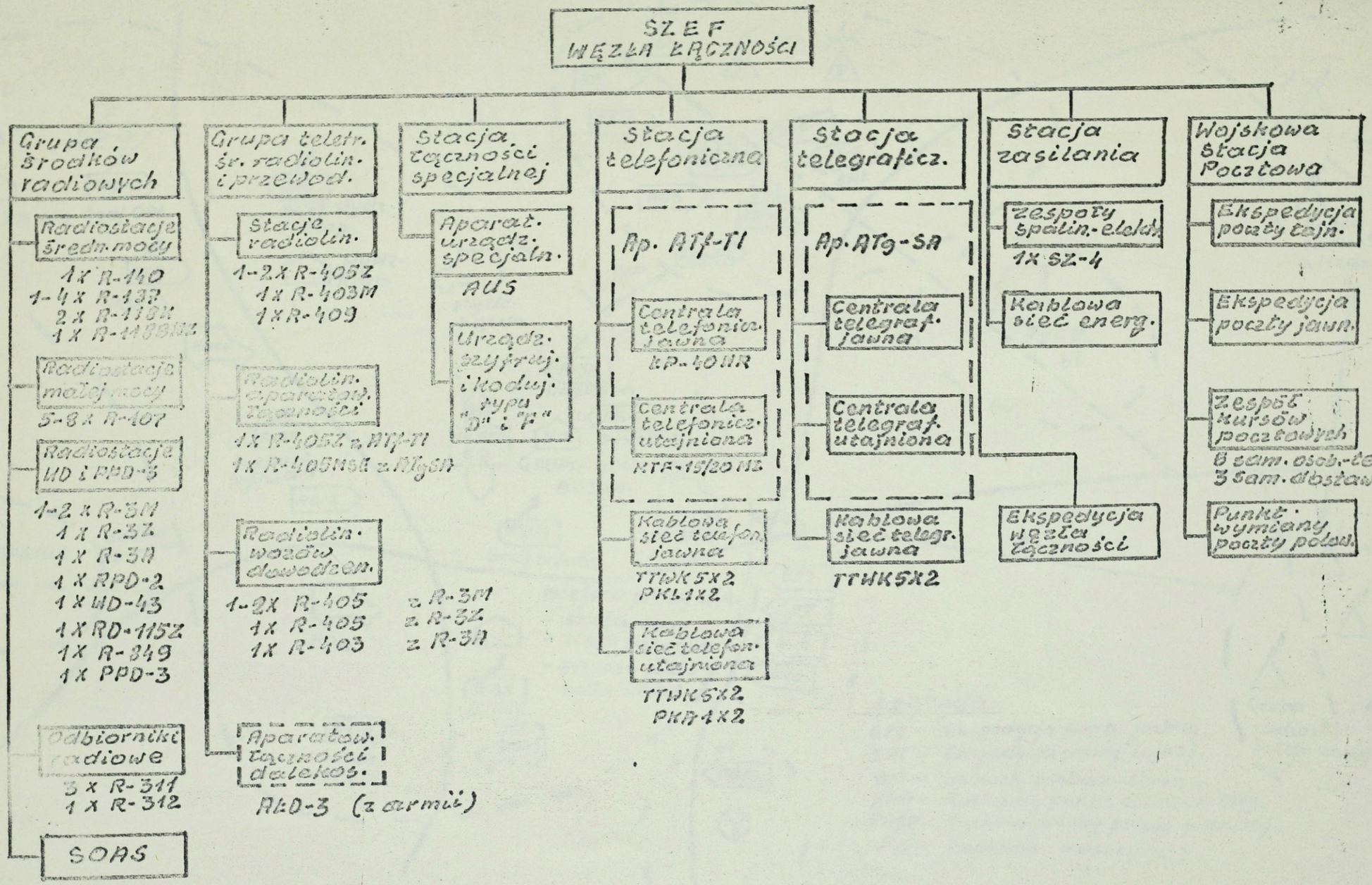
Załącznik 16

Normy rozmieszczania, rozwijania i zwijania stanowisk dowodzenia /68 str. 10/

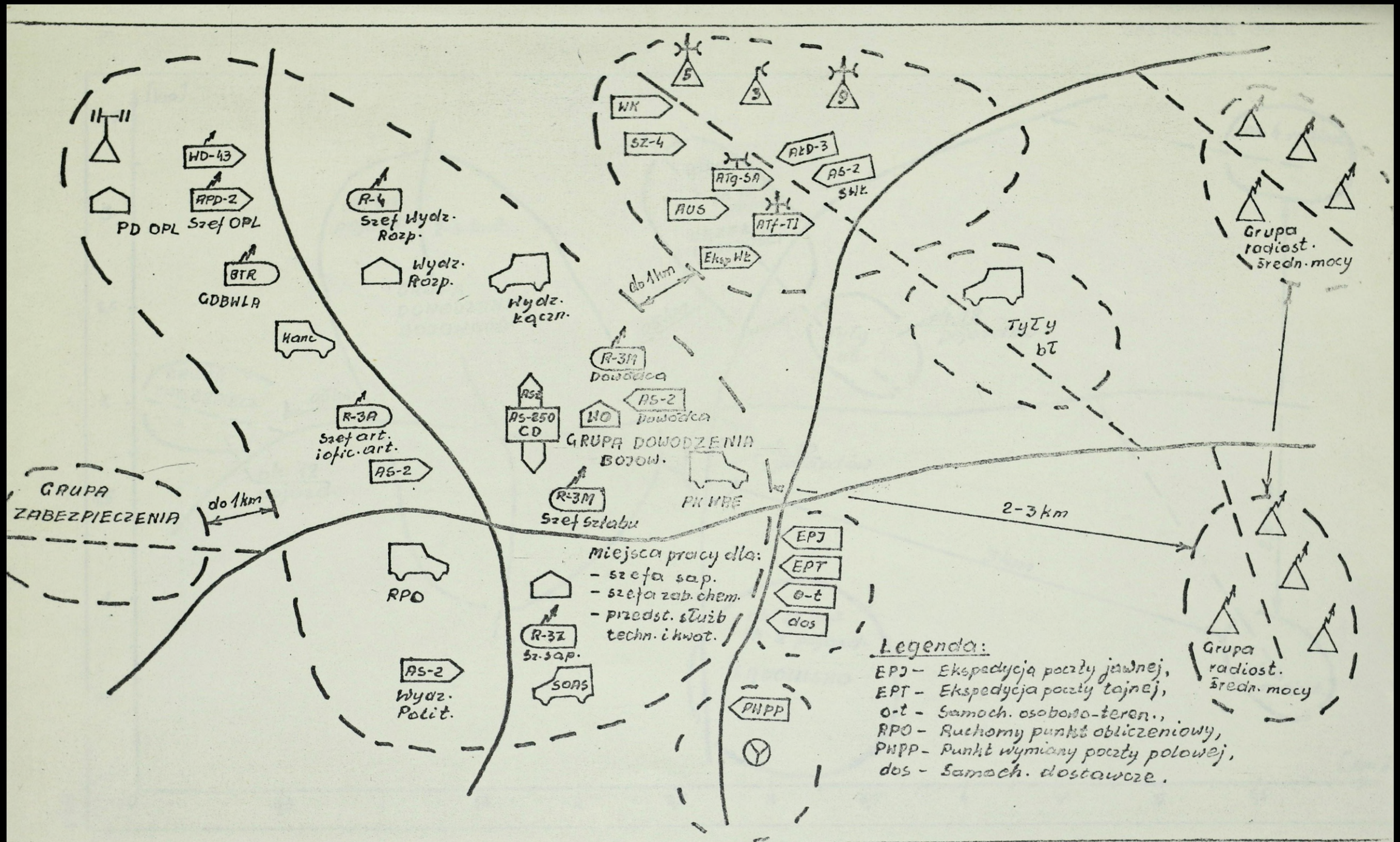
Szczebel organizacyjny	Nazwa stanowiska dowodzenia	Rozmieszcza się w odl. od styczności wojsk /km/		Czas rozwijania /min./		Czas zwijania /min./	Wielkość rejonu rozwinięcia /km^2/	Ilość przesunięć w toku dnia walki /w natarciu/
		natarcie	obrona	ok. 70% relacji łączn.	100% relacji oraz maskow.			
kompania	PO	0,3-0,5	0,2-0,8	10	-	8	wóz bojowy, okop	
batalion	SDO	1,0-1,5	1,5-2,0	20	-	20	0,1	
pułk	SD	1 - 3	4 - 6	60	90	45	1	4 - 6
	TSD	10 - 15	do 15	30	60	20	0,5	3 - 4
dywizja	SD	4 - 6	8 - 10	120	210	90	2 - 3	2 - 3
	WSD	1 - 3	według potrzeb	20	-	20	0,2	według potrzeb
	TSD	do 20	do 30	60	90	50	do 2	1 - 2

Normy rozwijania i zwijania polowych węzłów łączności /91 str. 174/

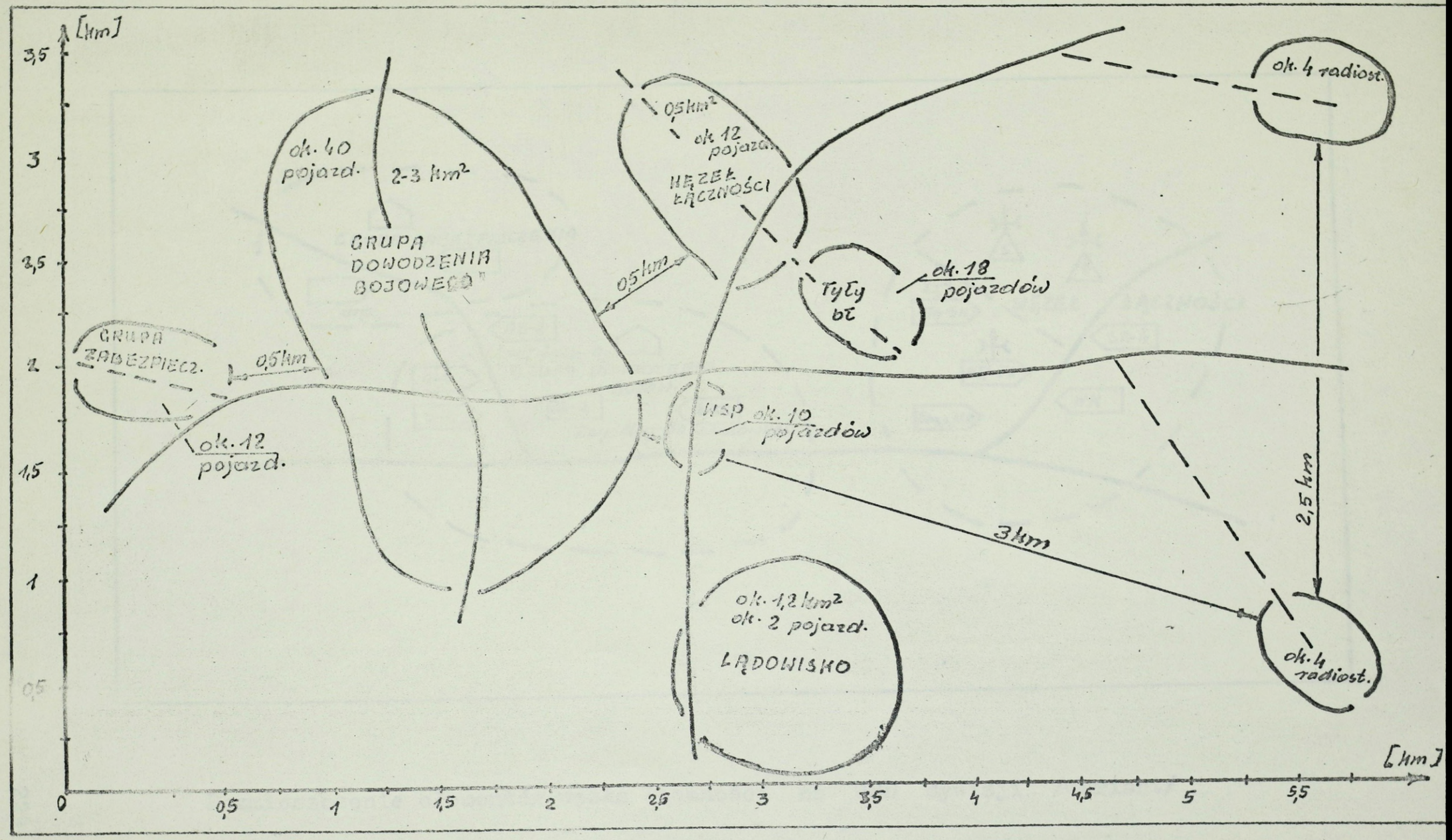
Szczebel organizacyjny	Rodzaj WŁ	Wymagana powierzchnia do rozwinięcia WŁ /km^2/	Czas rozwijania /godz./			Czas zwijania /godz./	Przesunięcie		Łączny czas /rozwijania, zwijania i przesuwania /godz./
			ok. 70% relacji łączn.	100% relacji oraz maskow.	Łącznie		średnia odległość /km/	czas przejazdu /godz/	
dywizja	SD	0,5	2	1,5	3,5	2	25	1	ok. 6,5
	WSD	-	20 min.	-	20 min.	20 min.	-	-	-
	TSD	0,3	1	0,5	1,5	1	25	1	ok. 3,5
pułk	SD	0,3	1	0,5	1,5	45 min.	10	0,5	do 3
	TSD	-	0,5	0,5	1	0,5	10	0,5	ok. 2
batalion	SDO	-	20 min.	-	20 min.	20 min.	-	-	-



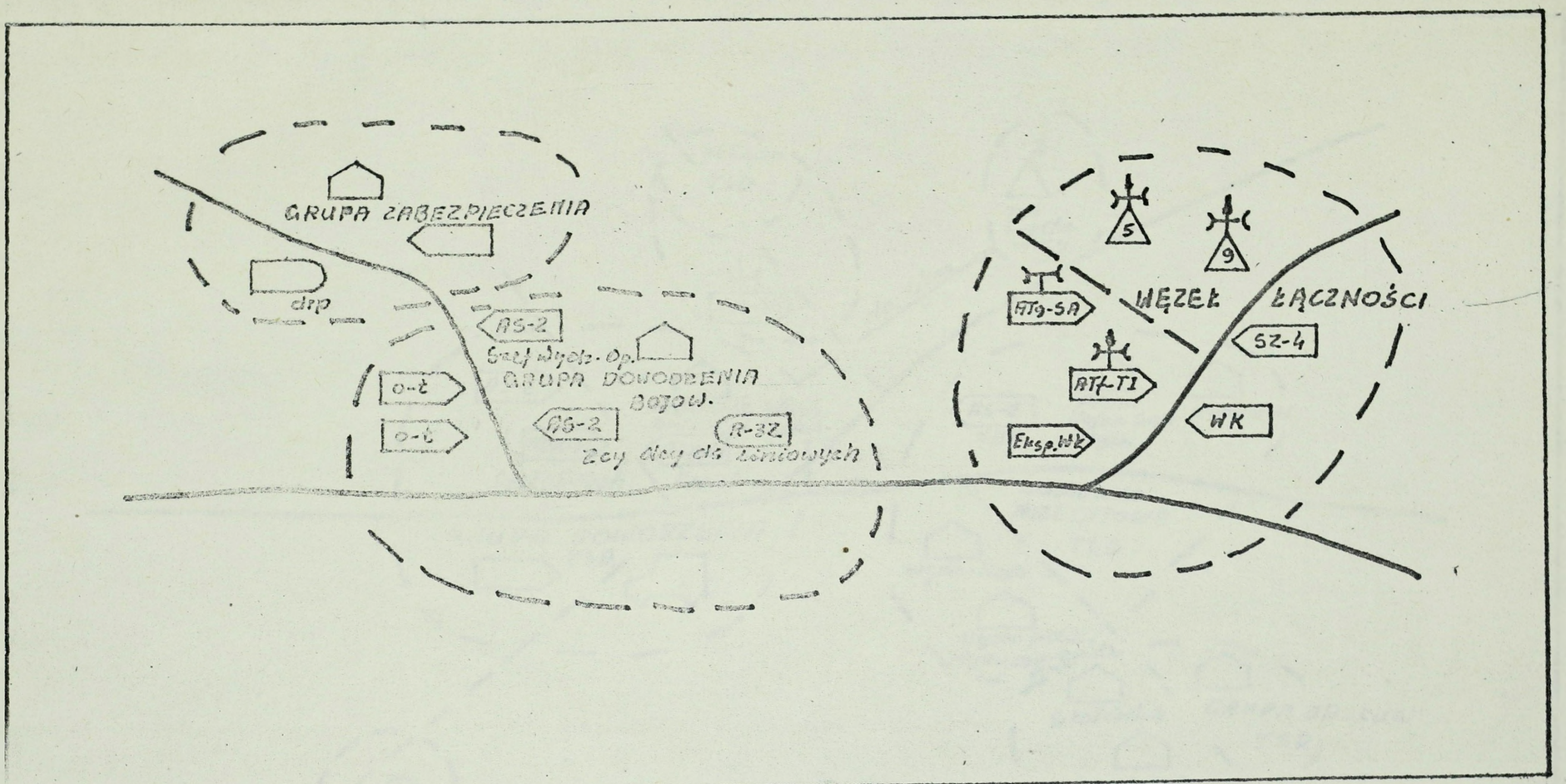
Struktura organizacyjna węzła łączności SD DZ/DPanc/ /69 str. 130/



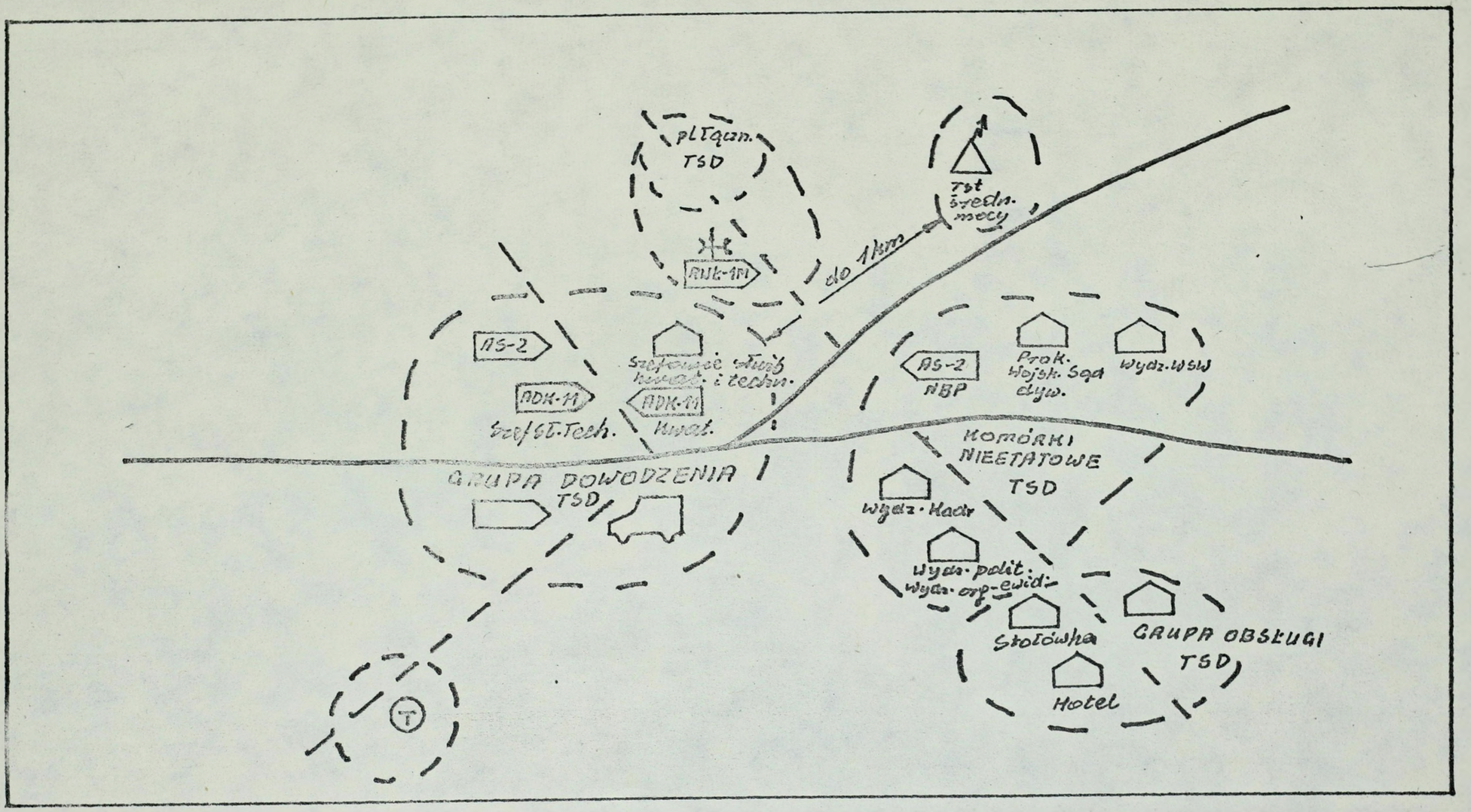
Rozmieszczenie elementów węzła łączności na SD dywizji (wariant)



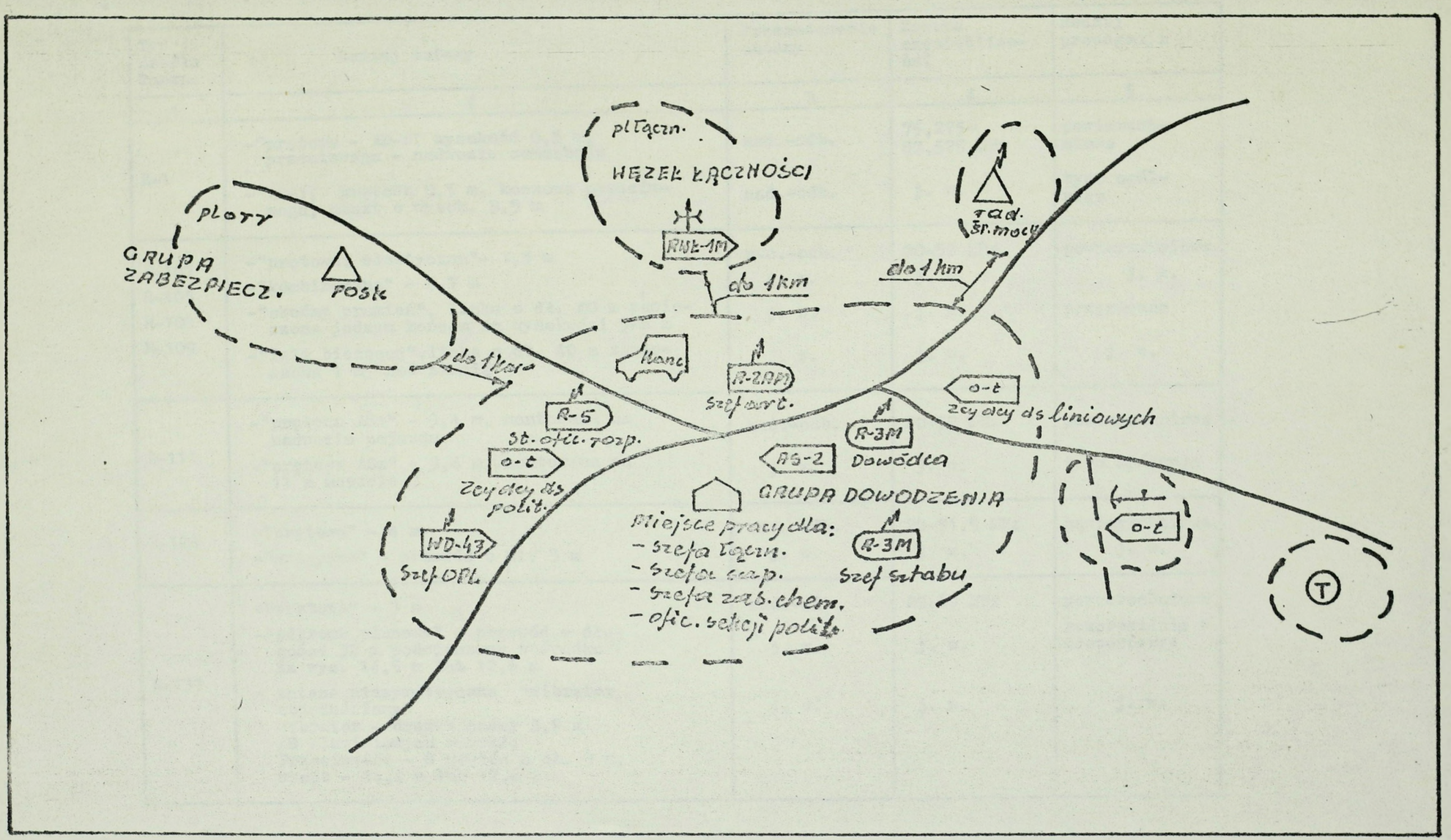
Rozmieszczenie elementów stanowiska dowodzenia dywizji /wariant/



Rozmieszczenie elementów węzła łączności na WSD dywizji /wariant/



Rozmieszczenie elementów węzła łączności na TSD dywizji /wariant/



Rozmieszczenie elementów węzła łączności na SD pułku /wariant/

Rodzaje anten wykorzystywanych do pracy środków łączności radiowej, radiotelefonicznej i radioliniowej na szczeblu dywizji /70/

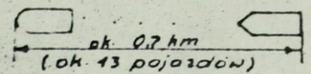
Typ środka łączn.	Rodzaj anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji
1	2	3	4	5
K-1	-"prętowa - AD-S", wysokość 0,5 m, przeciwwaga - nadwozie samochodu	nad.-odb.	75,275-87,525 MHz	powierzchniowa
	-"AD-1", prętowa 0,5 m, koszowa przeciwwaga, maszt o wysok. 9,5 m	nad.-odb.	j. w.	typu ogólnego
R-107	-"prętowa, elastyczna"- 1,5 m	nad.-odb.	20-52 MHz	powierzchniowa
R-105	-"kombinowana" - 2,7 m	j. w.	j. w.	j. w.
R-108	-"skośny promień", linka o dł. 40 m zawieszona jednym końcem na wysokości 5-6 m	j. w.	j. w.	przyziemna
R-109	-"fali bieżącej", linka o dł. 40 m zawieszona 1 m nad ziemią	j. w.	j. w.	j. w.
R-111	-"prętowa ASz" - 3,4 m, montowana na nadwoziu pojazdu	nad.-odb.	20-52 MHz	powierzchniowa
	-"prętowa ASz" - 3,4 m, montowana na 11 m maszcie	j. w.	j. w.	typu ogólnego
R-123	-"prętowa" - 4 m	nad.-odb.	20-51,5 MHz	powierzchniowa
	-"awaryjna" - przewód o dł. 3 m	j. w.	j. w.	j. w.
R-137	-"prętowa" - 3 m	nad.-odb.	20-60 MHz	powierzchniowa
	-"półromb pionowy" - przewód o długości 32 m podwieszony w środku na wys. 14,5 m lub 12,6 m	j. w.	j. w.	rozproszenie w troposferze
	- antena niesymetryczna "wibrator objętościowy" Wibrator - drążek nośny 3,9 m /8 aluminiowych rurek/; Przeciwwaga - 8 prętów o dł. 3 m, maszt - 14,4 m lub 12,6 m.	j. w.	j. w.	j. w.

1	2	3	4	5
R-112	- "prętowa" - 4 m, maszt - półteleskop 10 m	nad.-odb.	,2,8- 4,99MHz	powierzchniowa
R-130	- "prętowa" - 4 m	nad.-odb.	1,5-10,99MHz	powierzchniowa
	- "prętowa" - 4 m, maszt - 6 m /półteleskop/	j. w.	j. w.	j. w.
	- "dipol symetryczny" - ramiona 2x40 m, maszt - 10 m	j. w.	1,5- 5 MHz	jonosferyczna
	- ramiona 2x15 m, maszt 10 m	j. w.	5,0-10,99MHz	j. w.
R-130 na WD	- antena pionowego promieniowania /APP/	nad.-odb.	1,5-10,99MHz	jonosferyczna
	- "skośny promień" /linka o dł. 17 m zawieszona jednym końcem na wysok. 6-8 m, przeciwwaga o dł. 10 m zawieszona na wys. 1 m/	j. w.	j. w.	przyziemna
R-113 • DWZ	- "prętowa" - 4 m	nad.-odb.	1,0- 7,5 MHz	powierzchniowa
	- "skośny promień" /linka o dł. 15 m /	odbiorcza	1,0- 8,0 MHz	j. w.
	- "fali bieżącej" /linka o dł. 150 m/	j. w.	j. w.	j. w.
	- antena typu "T", ramiona 2x20 m, maszt - 12 m	nadawcza	1,0- 3,0 MHz	j. w.
	- "dipol symetryczny", ramiona 2x20 m, maszt - 12 m - dla anteny nadawczej i 8,5 m - dla anteny odbiorczej	nadawcza odbiorcza	2,0- 7,5 MHz	jonosferyczna
R-113K	- antena pionowego promieniowania /APP/	nad.-odb.	1,5- 7,5 MHz	przyziemna jonosferyczna
R-140M	- "prętowa" - 4 m	nad.-odb.	14,0-30,0 MHz /odb. od1,5MHz/	powierzchniowa
	- prąt. 4 m na maszcie półteleskopowym o wysokości 6 m	nadawcza	4,0-14,0 MHz	j. w.
	- prąt. 4 m na maszcie 12 m	odbiorcza	1,5-30,0 MHz	przyziemna
	- "dipol symetryczny", ramiona 2x40 m, maszt 12 m	nadawcza	1,5- 5,0 MHz	jonosferyczna
	- "dipol symetryczny", ramiona 2x11 m, maszt 9 m	nadawcza	5,0-16,0 MHz	j. w.
	- "dipol symetryczny", ramiona 2x13 m, maszt 9 m	odbiorcza	1,5-16,0 MHz	j. w.
	- ant. typu "T", ramiona 2x40 m, maszt 12 m,	nadawcza	1,5- 2,0 MHz	powierzchniowa
	ramiona 2x11 m, maszt 9 m	nadawcza	2,0- 4,0 MHz	j. w.

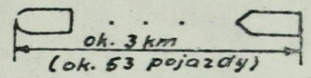
1	2	3	4	5
R-140	- ant. typu "V", ramiona 2x46 m, kąt rozwarcia ramion 0-50°, maszt 12 m	nad.-odb.	10- 30 MHz	jonosferyczna
	- ant. pionowego promieniowania /APP/, rury lub taśmy metalowe	nad.-odb.	2- 12 MHz	jonos[illegible] przyz[illegible]
R-405Z	- "prętowa" - 1,822 m	nad.-odb.	60- 70 MHz	powierzchniowa
	- ant. typu "Yagi", maszt 14,5 m	j. w.	j. w.	j. w.
	- ant. "Kątowa", maszt 16,5 m	j. w.	390- 420 MHz	j. w.
R-405 PZ-18	- ant. typu "Granat"	nad.-odb.	390- 420 MHz	powierzchniowa
	- ant. "Kątowa", maszt teleskop.	j. w.	j. w.	j. w.
R-403M	- "prętowa" - 1,822 m	nad.-odb.	60- 70 MHz	powierzchniowa
	- ant. typu "Yagi", maszt 10,5 m	j. w.	j. w.	j. w.
R-409	- ant. "logarytmiczno-periodyczna"	nad.-odb.	60- 120 MHz	powierzchniowa
	- ant. "zygzakowa ze ścianowym reflektorem"	j. w.	120- 240 MHz	j. w.
	- ant. "synfazowa" z czterema zygzakowymi promiennikami i ścianowym reflektorem	j. w.	240- 480 MHz	j. w.

A. UGRUPOWANIE OGÓLNE SD

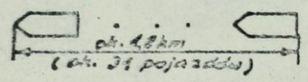
1. Grupa rekonesansowa



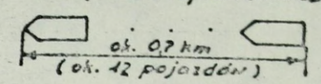
2. Grupa dowodzenia boj.



3. Węzeł łączności

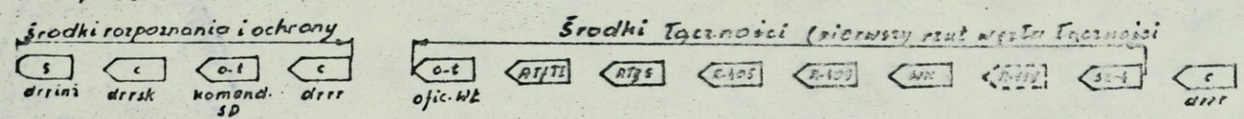


4. Grupa zabezpieczenia SD



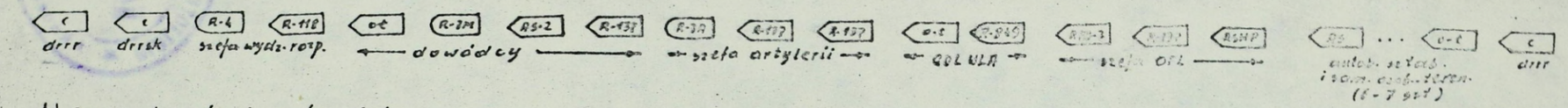
B. UGRUPOWANIE SZCZEGÓŁOWE SD

1. Grupa rekonesansowa

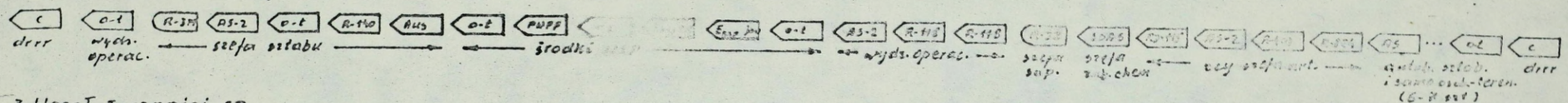


2. Grupa dowodzenia bojowego

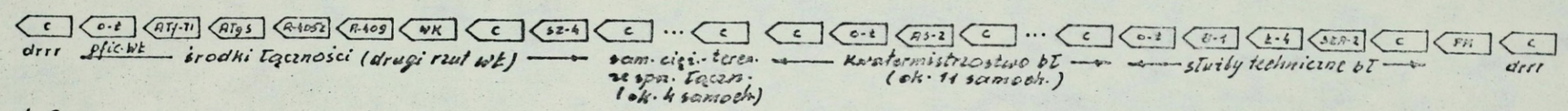
a) grupa dowodzenia dowódcy



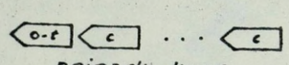
b) grupa dowodzenia szefa sztabu



3. Węzeł łączności SD



4. Grupa zabezpieczenia SD



Legendo:
- o-t - samochód osobowo-terenowy
- c - samochód ciężarowy
- ds - samochód dostawczy
- PM - punkt medyczny (sanitarka)
- ś - samochód specjalny
- WK - wóz kablowy

Rozmieszczenie sił i środków łączności w kolumnie marszowej SD dywizji (wariant) wg [16 str. 248]

Wydrukowano w 10 egz.

Egz. nr 1-10 Bibl. Nauk. DZS
Wyk. płk Sikorski
Druk ASG WP nr pf 416/WW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 12310
Akademii Obrony Narodowej

BIBLIOTEKA NAUKOWA AON
Nr ewid. 1795
(M)
Dział Zbiorów Specjalnych