



**AKADEMIA  
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI  
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~JAWNE~~  
~~TAJNE~~

Egz. nr 1



Pplk mgr inż. Stanisław JAKUBCZAK

**MODELE KOMPUTEROWEJ OCENY  
STRAT W REJONACH UDERZEŃ  
JĄDROWYCH W ARMII I ZWIĄZKACH  
TAKTYCZNYCH WOJSK LĄDOWYCH**

Rozprawa doktorska



12166

WARSZAWA 1984

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
im.gen.broni Karola Swierczewskiego

---

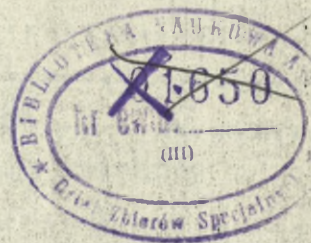
**JAWNE**

~~TAJNE~~

1

Egz.nr .....

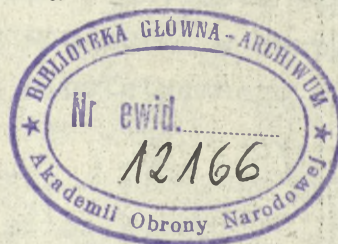
*Przeł. Prot 449/91.08.95*



ppłk mgr inż. Stanisław JAKUBCZAK

MODELE KOMPUTEROWEJ OCENY STRAT W REJONACH UDERZEN  
JĄDROWYCH W ARMII I ZWIĄZKACH TAKTYCZNYCH WOJSK  
LĄDOWYCH

Rozprawa doktorska



Opracowana pod kierownictwem  
naukowym płk.prof.dr.hab.  
Władysława FILARA

---

WARSZAWA

MARZEC

1984 rok

SPIS TRESCI

	Str.
WSTĘP .....	5
ROZDZIAŁ 1. Analiza istniejących opracowań dotyczących komputerowej oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych .....	9
ROZDZIAŁ 2. Modele wyróżnionych obiektów armijnych dla komputerowej oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych .....	25
2.1. Rozważania wprowadzające .....	25
2.2. Modele efektywnych powierzchni .....	28
2.3. Modele hipotetycznych ugrupowań .....	38
2.3.1. Ogólna postać funkcji strat obiektów jednowymiarowych .....	36
2.3.2. Funkcja strat obiektu liniowego o równomiernie rozłożonej wartości .....	38
2.3.3. Funkcja strat obiektu powierzchniowego o równomiernie rozłożonej wartości .....	42
2.3.4. Funkcja strat obiektu liniowego o nierównomiernie rozłożonej wartości .....	45
2.3.5. Funkcja strat obiektu powierzchniowego o nierównomiernie rozłożonej wartości ...	47
2.3.6. Opis hipotetycznego ugrupowania oddziału.	50
2.3.7. Obliczanie wielkości odchylenia standardowego dla rozrzutu punktów eksplozji..	53
2.3.8. Przykładowy zapis hipotetycznego ugrupowania pułku zmechanizowanego .....	57
2.4. Krótkie podsumowanie rozdziału i wnioski ....	60
ROZDZIAŁ 3. Probabilistyczny model rażenia, Założenia i możliwości stosowania .....	63
3.1. Krótka charakterystyka rażącego działania broni jądrowej .....	63
3.2. Model rażącego działania w rejonie wybuchu jądrowego .....	69
3.3. Prawo rażenia w postaci zależności funkcyjnej ciągłej .....	73
3.4. Krótkie podsumowanie rozdziału .....	76

ROZDZIAŁ 4. Algorytm oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych .....	77
4.1. Struktura informacyjna zbiorów danych .....	77
4.1.1. Zbiór danych zmiennych .....	77
4.1.2. Zbiór danych etatowych .....	80
4.1.3. Zbiór danych normatywnych .....	81
4.1.4. Zbiór danych o hipotetycznych ugrupowa- niach oddziałów .....	81
4.1.5. Zbiór danych o obiektach uderzeń.....	82
4.1.6. Dane o strukturze armii i zbiór danych o stanach jednostek .....	83
4.1.7. Pomocnicze zbiory danych .....	85
4.2. Charakterystyka modelu rażenia .....	87
4.2.1. Podprogram do obliczania promieni stref rażenia stanu osobowego .....	87
4.2.2. Podprogram do obliczania promieni stref uszkodzenia sprzętu .....	88
4.2.3. Podprogram do obliczania promieni stref porażeń śmiertelnych stanu osobowego .....	88
4.3. Metoda oceny strat obiektów .....	89
4.3.1. Ocena strat na bazie modelu efektywnych powierzchni .....	89
4.3.1.1. Podprogram obliczania współczynników wielomianów aproksymujących rozkład powierzchni efektywnej .....	90
4.3.1.2. Podprogram obliczania strat względnie jednorodnych elementów wyróżnionego obiektu .....	90
4.3.2. Ocena strat na bazie modelu hipotetycznych ugrupowań .....	91
4.3.2.1. Podprogramy do obliczania strat przy zastosowaniu modelu obiektu z równo- miernym rozmieszczeniu wartości .....	91
4.3.2.2. Podprogramy do obliczania strat przy zastosowaniu modelu obiektu z roz- mieszczeniem wartości według krzywej rozkładu normalnego .....	93
4.4. Algorytm oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych .....	94
4.4.1. Opisowy algorytm obliczania strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych .....	94

4.4.2. Struktura informacyjna rekordów w zbiorze CHEM-STRATY .....	96
<b>ROZDZIAŁ 5. Badanie poprawności modeli i typowe przykłady zastosowań .....</b>	<b>98</b>
5.1. Badanie poprawności modeli .....	98
5.2. Przykłady zastosowań modeli wyróżnionych obiektów .....	113
5.2.1. Opis programu obliczania strat wyróżnie- nych obiektów armijnych POLK .....	113
5.2.2. Algorytm programu POLK .....	119
5.2.3. Analiza wyników uzyskanych na bazie hipo- tetycznych struktur .....	122
5.3. Krótkie podsumowanie rozdziału i wnioski ...	134
ZAKOŃCZENIE .....	138
SPIS LITERATURY .....	141
<b><u>ZAŁĄCZNIKI</u></b>	
ZAŁĄCZNIK 1. Tabele wartości oczekiwanych strat obiektu po- wierzchniowego w kształcie kwadratu o boku 2 km .....	146
ZAŁĄCZNIK 2. List programu POWA w języku FORTRAN .....	150
ZAŁĄCZNIK 3. Algorytm blokowy programu POLK .....	159
ZAŁĄCZNIK 4. List programu POLK w języku FORTRAN .....	172
ZAŁĄCZNIK 5. Zestawienie strat ludzi i sprzętu w pułku i w elementach ugrupowania bojowego /wydruk z programu POLK/ .....	192

## Wstęp

Do pojawienia się broni jądrowej wojna, w tym również wojna powszechna, mogła być bezkarną kontynuacją polityki środkami walki zbrojnej, drogą wojny można było realizować określone cele polityczne. Strategia wojenna tego okresu oparta była na przekonaniu, że cele polityczne można osiągnąć tą drogą. Agresor miał podstawę przypuszczać, że jego straty będą znacznie mniejsze od zakładanych korzyści. Nadzieja wygranej była często obustronna bowiem wynikała z subiektywnych ocen. Mimo iż wojny stawały się coraz bardziej niszczące, możliwe ryzyko przegranej i jej skutki nie były wystarczającym czynnikiem powstrzymującym przed jej rozpoczęciem.

Sytuacja uległa zmianie z chwilą pojawienia się i szybkiego rozwoju broni jądrowej oraz nowoczesnych środków jej przenoszenia. W warunkach względnej równowagi sił obydwu przeciwnych koalicji, jak też możliwości wykonania silnego uderzenia odwetowego, wątpliwa wydaje się możliwość osiągnięcia pozytywnych celów politycznych drogą wojny jądrowej.

Skutki użycia broni jądrowej zarówno w skali globalnej, jak też w ograniczonym rejonie działań wojennych, byłyby na tyle katastrofalne dla obydwu stron, iż niezmiernie trudno wyobrazić sobie uwarunkowania w których taka broń mogłaby być użyta. Kiedy obie strony ją posiadają, zupełnie nierealne byłoby zakładać, że jedna z nich mogłaby ją użyć w konflikcie, nie powodując odwetowych działań strony drugiej. Trudno też zakładać, że po wykonaniu uderzenia odwetowego konflikt jądrowy nie przybierze bardziej intensywnego charakteru.

Nawiązując do aktualnej sytuacji politycznej w świecie można powiedzieć, że trudność w realizacji agresywnych celów za pomocą wojny jądrowej nie oznacza rezygnacji Stanów Zjednoczonych z polityki, której kamieniem węgielnym pozostaje nadal antykomunizm. W tym kontekście trzeba również widzieć dążność do narzucenia państwom socjalistycznym wyścigu zbrojeń w celu utrudnienia rozwoju gospodarczego, o czym dobitnie świadczą plany NATO zmierzające do rozmieszczenia w Europie zachodniej nowych amerykańskich rakiet średniego zasięgu jak również plany USA w zakresie budowania nowych systemów broni ofensywnych. Pomimo tego, że zasadniczym celem polityki państw Układu Warszawskiego jest obrona pokojowego budownictwa socjalistycznego oraz stałe działanie na rzecz eliminowania przemocy jako środka w rozwiązywaniu sporów, nie można zatracać z pola widzenia groźby powstania konfliktu nuklearnego. Również mając na uwadze coraz większe rozprzestrzenianie się broni jądrowej - pomimo aktywnych działań politycznych na rzecz umocnienia pokoju - należy liczyć się z ewentualnością prowadzenia działań wojennych w warunkach jej stosowania.

Stąd też między innymi wynika potrzeba prowadzenia prac badawczych w celu właściwego określenia skutków użycia takiej broni, jak też dla wypracowania przedsięwzięć zmierzających do zmniejszenia tych skutków. W tym celu w wojskach operacyjnych należy przede wszystkim wypracować odpowiednią taktykę działań oraz przystosowywać sprzęt bojowy do prowadzenia działań w warunkach jej użycia. Przedsięwzięcia te określone jako zapobiegawcze, zmierzające generalnie do zmniejszenia skutków użycia broni jądrowej nie wykluczają problemu właściwej

oceny tych skutków, jest ona bowiem niezbędną dla dokonania oceny zdolności bojowej jednostek, a tym samym również dla wypracowania decyzji do prowadzenia dalszych działań. Tutaj należy zadać sobie pytanie, co wchodzi w zakres oceny skutków użycia broni jądrowej? W odniesieniu do wojsk operacyjnych do oceny skutków użycia broni jądrowej generalnie można zaliczyć:

- 1/ ocenę strat stanu osobowego i sprzętu bojowego w rejonach wybuchów jądrowych;
- 2/ ocenę napromienienia i strat popromiennych stanu osobowego;
- 3/ prognozowanie promieniotwórczego skażenia terenu;
- 4/ prognozowanie stref pożarów i zawałów powstałych w rejonach wybuchów jądrowych.

Jak widać, ocena strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych jest jednym z elementów oceny skutków użycia broni jądrowej. Dokonanie jej jest uwarunkowane posiadaniem następujących informacji:

- 1/ parametrów wybuchów jądrowych;
  - 2/ danych o położeniu i działaniu wojsk;
  - 3/ danych określających stopień ukrycia ludzi i sprzętu bojowego;
  - 4/ innych charakterystyk np. rozmieszczenie ludzi w sprzęcie;
- natomiast wartość jej zależeć będzie od poprawności wykorzystywanych metod oraz od dokładności danych na których one bazują. Stąd wynika, że jakość oceny można podnieść opracowując nowe lub ulepszając dotychczasowe metody obliczeń, bądź udoskonalając system zbierania, przysyłania i gromadzenia danych niezbędnych dla dokonania takiej oceny, bądź wykonując obydwa przedsięwzięcia równocześnie.

Zdaniem autora na wartość oceny w większym stopniu wpływa dokładność wykorzystywanych danych aniżeli stopień poprawności stosowanych metod, z drugiej zaś strony znacznie kosztowniejsze jest udoskonalenie systemu zbierania, przysyłania i gromadzenia informacji od udoskonalenia istniejących sposobów lub opracowania nowych metod jej przetwarzania. Na poparcie tego stwierdzenia przytoczę następujące fakty: 1/ aktualnie w Wojsku Polskim istnieje jedna doświadczalna kompania wykrywania wybuchów jądrowych wyposażona w stacje K-601S przeznaczona do wykrywania i określania parametrów wybuchów jądrowych; 2/ ponadto urządzenia do transmisji danych znajdują się tylko w pojedynczych egzemplarzach /dotychczas głównie wykorzystywane do przesyłania danych pomiędzy stanowiskiem dowodzenia a stacjonarnym ośrodkiem obliczeniowym/.

Mając na uwadze powyższe fakty jak też trudną sytuację ekonomiczną kraju oraz małe prawdopodobieństwo radykalnej jej poprawy, celowym jest podnosić wartość dokonywanej oceny strat drogą zmiany stosowanych metod. Właśnie problem ten jest przedmiotem rozważań przedstawionych w niniejszej pracy.

## Rozdział 1.

### Analiza istniejących opracowań dotyczących komputerowej oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych

Proces oceny strat wojsk po zmasowanych uderzeniach jądrowych obejmuje dwa etapy:

- 1/ prognozę strat w rejonach wybuchów jądrowych;
- 2/ prognozę strat popromiennych.

Straty wojsk w rejonach wybuchów jądrowych występują zawsze i praktycznie ze skutkiem natychmiastowym w przeciwieństwie do strat popromiennych, będących funkcją czasu i powstających w strefach skażeń promieniotwórczych. Z analizy ćwiczeń i gier wojennych wiadomo również, że zdecydowana większość ładunków jądrowych planowanych do wykorzystania w operacjach armijnych jak też frontowych, jest wykonywana w postaci wybuchów powietrznych lub niskich powietrznych, które praktycznie nie tworzą stref skażeń promieniotwórczych. Stąd jasno wynika, dlaczego tak dużo uwagi poświęca się procesowi oceny strat w rejonach wybuchów jądrowych. Ponadto wiadomo również, że powstają one przy wszystkich rodzajach wybuchów i mają zasadniczy wpływ na zdolność bojową wojsk. Tyle ogólnych stwierdzeń mających na celu podkreślenie wagi analizowanego problemu.

Przechodząc do szczegółowych rozważań należy zaznaczyć, że proces oceny strat musi być poprzedzony następującymi pracami:

- 1/ modelowaniem obiektu;
- 2/ modelowaniem rażącego działania wybuchu jądrowego;
- 3/ modelowaniem rozkładu miejsca wybuchu, jeżeli proces rozważany jest w kategoriach probabilistycznych.

Modelowanie obiektu obejmuje określenie jego kształtu oraz sposobu rozmieszczenia jednorodnych elementów,<sup>x/</sup> które w sumie stanowią jego wartość. Obiekt pojmowany jest tutaj w sposób statyczny tzn. zakłada się niezmiennosc rozmieszczenia jego elementów w czasie działania czynników rażących w rejonie wybuchu jądrowego. Wartość obiektu rozumiana jest jako określony stopień ukończenia obiektu w stan osobowy i sprzęt techniczno-bojowy z pominięciem poziomu wyszkolenia itp. Modelowanie rażącego działania wybuchu jądrowego sprowadza się do określenia dla jednorodnych elementów rozkładu prawdopodobieństwa rażenia w funkcji odległości od centrum /epicentrum/ wybuchu. Modelowanie rozkładu miejsca wybuchu uzależnione jest od właściwości balistycznych środka przenoszenia ładunku jądrowego oraz warunków meteorologicznych i najczęściej do obliczeń strat wojsk własnych przyjmuje się, że środek wybuchu pokrywa się ze środkiem celu /obektu/ i nie podlega żadnym fluktuacjom. Takie podejście jest wynikiem przyjęcia zasady maksymalizacji w ocenie strat wojsk własnych /dla planującego działania bojowe bardzo istotne jest, na jakie siły może liczyć przy wykonaniu określonego zadania/.

Mając na uwadze zabezpieczenie informacyjne procesu oceny strat należy podkreślić, że proces ten powinien być oparty na następujących danych:

- o położeniu obiektu /celu/ względem wybuchu jądrowego;
- o rodzaju obiektu i jego charakterystykach;
- o rodzaju i mocy wybuchu jądrowego.

x/ Pod pojęciem "jednorodnego elementu obiektu" lub "względnie jednorodnego elementu obiektu" należy rozumieć taką część wartości obiektu uderzenia jądrowego, która posiada względnie jednakową odporność na działanie czynników rażenia w rejonie wybuchu jądrowego np. ludzie nieukryci.

Ścisłej rzecz biorąc dane o położeniu obiektu względem wybuchu jądrowego, powinny być rozumiane jako dane o położeniu elementów obiektu względem wybuchu jądrowego.

Mając na uwadze powyższe ogólne ustalenia, autor ustosunkuje się do dotychczasowych prób skomputeryzowania procesu obliczania strat wojsk własnych w rejonach wybuchów jądrowych, analizując najbardziej reprezentatywne prace /publikacje/ z tego zakresu.

Pod koniec lat sześćdziesiątych w armiach Układu Warszawskiego, bazując na stacjonarnych ośrodkach obliczeniowych, zaczęto wykorzystywać do usprawnienia pracy sztabów elektroniczną technikę obliczeniową. Czyniono wtedy próby prostego przenoszenia metod tradycyjnych stosowanych w różnych kalkulacjach sztabowych bezpośrednio "na komputer", co prowadziło w wielu przypadkach do uzyskiwania niedokładnych a niekiedy i błędnych wyników. To zjawisko miało również miejsce w problematyce oceny strat. Stąd wynikła naturalna potrzeba przeprowadzenia dodatkowych badań dla ustalenia przydatności dotychczas stosowanych metod, jak też opracowania takich, których celowość stosowania w obliczeniach komputerowych nie budziłaby wątpliwości, tak ze względu na jakość wyników jak też czas ich uzyskania. Problemem tym zajmowało się wiele zespołów projektowych zarówno w Armii Radzieckiej jak i w Wojsku Polskim, co dało efekty w postaci opracowanych zadań użytkowych. Jeśli chodzi o prace innych armii Układu Warszawskiego, to praktycznie autor nie miał tam wglądu. Również bezpośrednie kontakty w czasie narad lub ćwiczeń sojuszniczych nie pozwoliły na uzupełnienie niezbędnych informacji na ten temat. Z tych właśnie względów poniżej będą przeanalizowane publikacje tylko radzieckich

i polskich autorów.

Pierwszą publikacją dotyczącą tej problematyki była praca zbiorowa radzieckich autorów z Akademią Obrony Przeciwdziałania na temat zastosowania elektronicznych maszyn cyfrowych dla rozwiązania zadań służących do obrony wojsk przed bronią masowego rażenia [30]. Zadanie nr 106, ze zbioru opisanych w tym opracowaniu zadań, dotyczyło oceny prawdopodobnych strat stanu osobowego i sprzętu bojowego w rejonach wybuchów jądrowych. Przedstawiono tam metodę matematyczną określania strat obiektów umownie nazwanych powierzchniowymi, liniowymi i punktowymi. Na bazie tego zadania opracowano w Instytucie Dowodzenia program na EMC Mińsk-22 pod kryptonimem IRYS [12]. Program ten pozwalał ocenić procentowe straty jednorodnych elementów obiektów, na które wykonano naziemne lub powietrzne wybuchy jądrowe. W obiektach uderzeń jądrowych wyróżniono następujące elementy:

- 1/ stan osobowy w różnych rodzajach ukryć;
- 2/ wybrane /ważniejsze/ rodzaje sprzętu techniczno-bojowego.

Jako informację zmienną należało podać:

- 1/ umowny numer wybuchu jądrowego;
- 2/ rodzaj wybuchu jądrowego;
- 3/ moc wybuchu jądrowego;
- 4/ umowny numer obiektu;
- 5/ rodzaj obiektu;
- 6/ wymiary obiektu;
- 7/ odległość obiektu od wybuchu jądrowego /interpretacja tej danej uzależniona była od rodzaju obiektu/.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia upraszczające:

- 1/ prawo rażenia wybuchu jądrowego modelowane jest tylko strefą bezwarunkowego rażenia w kształcie kwadratu;
- 2/ wartość obiektu jest rozmieszczona równomiernie;
- 3/ obiekt powierzchniowy jest opisany prostokątem /lub sumą prostokątów/ o boku prostopadłym do prostej przechodzącej przez jego środek i przez epicentrum wybuchu jądrowego;
- 4/ obiekt liniowy jest opisany linią łamaną.

Analizując strukturę informacyjną danych zmiennych, łatwo wyodrębnić następujące grupy:

- 1/ parametry wybuchów jądrowych;
- 2/ charakterystyki obiektów.

Informacjami stałymi w programie były tylko promienie rażenia jednorodnych elementów obiektów dla naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych.

Z krótkiej charakterystyki tej publikacji wynika, że zastosowana metoda oceny strat jest bardzo uproszczona - pozwala prognozować straty obiektów o równomiernie rozmieszczonej wartości; ponadto uzyskiwane wyniki w postaci strat procentowych jednorodnych elementów ograniczały jej zastosowanie do oceny strat obiektów równoważnych pododdziałom i to takim, które wyposażone są w sprzęt niezbyt odporny na działania fali uderzeniowej. Dla pododdziałów wyposażonych w sprzęt pancerny, takich jak bataliony czołgów, wyniki obarczone były dużym błędem. Poza tym łatwo zauważyć, że otrzymywanie tylko strat procentowych obiektu, wymagało od pracowników sztabów przeprowadzenia dodatkowych kalkulacji dla obliczenia strat ilościowych. W podsumowaniu można stwierdzić, że program oparty na zaprezentowanej metodzie miał

ograniczony zakres zastosowania, a przyczyny tego były następujące:

- 1/ konieczność przeprowadzania dodatkowych obliczeń;
- 2/ potrzeba podawania dużej ilości danych decyzyjnych, będących często danymi normatywnymi;

3/ wyniki obarczone dużym błędem dla sprzętu pancernego;

4/ możliwość stosowania tylko do oceny strat pododdziałów.

Łatwo zauważyć, że uchybienia te są wynikiem prostego przeniesienia metody stosowanej w obliczeniach tradycyjnych na technikę komputerową.

W pracy [13] będącej kolejną próbą sformalizowania procesu oceny strat w wojskach operacyjnych, przedstawiono opis dwóch metod matematycznych, zróżnicowanych ze względu na postać i stopień szczegółowości informacji zmiennej podawanej przez pracowników sztabów różnych szczebli dowodzenia. Proponuje się tutaj do oceny strat dla potrzeb organów dowodzenia szczebla ZT, zastosować metodę bazującą na następującej postaci informacji wejściowej:

- 1/ parametry wybuchów jądrowych zadawane w układzie
  - a/ współrzędne miejsca wybuchu,
  - b/ moc wybuchu,
  - c/ rodzaj wybuchu;
- 2/ charakterystyki obiektów uderzeń jądrowych zapisane poprzez
  - a/ rodzaj obiektu,
  - b/ położenie obiektu zadane współrzędnymi punktów charakterystycznych konturu obiektu.

Przyjęto następujące założenia upraszczające:

- 1/ wartość obiektu jest równomiernie rozmieszczona na całym obiekcie;

- 2/ obiekt powierzchniowy opisany trzema punktami aproksymuje się kołem;
- 3/ obiekt powierzchniowy opisany czterema punktami aproksymuje się powierzchnią zawartą pomiędzy łukami dwóch przecinających się okręgów;
- 4/ obiekt liniowy aproksymuje się linią łamaną.

Przedstawiona metoda jest pewnym krokiem naprzód w stosunku do poprzedniej w zakresie modelowania kształtu obiektów oraz w zakresie "swobodnego" przedstawiania położenia obiektu względem wybuchu jądrowego. Nadal poważnym uchybieniem jest konieczność przygotowania stosunkowo dużej ilości danych zmiennych, gdy w wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskuje się tylko straty procentowe jednorodnych elementów, a dla otrzymania strat ilościowych trzeba wykonywać dodatkowe obliczenia.

Drugą metodą opisaną w tej samej pracy, przewidywaną do zastosowania w ocenie strat dla potrzeb armijnych organów dowodzenia, była metoda oparta na informacji zmiennej zawierającej zmodyfikowane parametry wybuchów i niektóre względnie stałe charakterystyki obiektów oraz na informacji stałej zawierającej etatowo-normatywne charakterystyki<sup>x/</sup> jednostek pośredniego i bezpośredniego podporządkowania szczebla armijnego. Wszystkie charakterystyki poprzez odpowiednią strukturę kodową powiązane były w strukturę organizacyjną armii. W danych zmiennych należało wprowadzić w zasadzie dwa rodzaje informacji:

-----  
x/ Poprzez etatowo-normatywne charakterystyki autor rozumie średnie normy taktyczne dla podstawowych rodzajów działań bojowych, etatową liczbę stanu osobowego oraz etatowe ilości wybranych grup sprzętu.

- 1/ parametry wybuchów jądrowych w postaci
  - a/ numer i kod obiektu uderzenia jądrowego lub jednostki pośredniego podporządkowania zawierającego obiekt uderzenia,
  - b/ numer i kod odpowiedniej jednostki bezpośredniego podporządkowania,
  - c/ kod rodzaju wybuchu,
  - d/ moc wybuchu;
- 2/ zmienne charakterystyki obiektów /jednostek pośredniego podporządkowania/ poprzez
  - a/ procent ukończenia stanu osobowego,
  - b/ procent ukończenia sprzętu techniczno-bojowego,
  - c/ kod rodzaju działania,
  - d/ rzeczywiste wymiary rejonu działań.

Przyjęto następujące założenia upraszczające:

- 1/ obiekt powierzchniowy aproksymuje się kołem;
- 2/ środek wybuchu jądrowego pokrywa się ze środkiem obiektu;
- 3/ strefy wybuchów jądrowych wykonanych na ten sam obiekt nie nakładają się wzajemnie;
- 4/ jeżeli obiekt uderzenia jądrowego jest jednocześnie jednostką pośredniego podporządkowania zakłada się, że wartość obiektu jest równomiernie rozmieszczona;
- 5/ jeżeli obiekt uderzenia jądrowego jest elementem ugrupowania bojowego oddziału, to traktuje się, że wybuch wykonano na ten oddział tzn. straty oblicza się według średniej gęstości jednorodnych elementów oddziału.

Oceniając tę metodę należy podkreślić, że najpoważniejszym jej mankamentem było przyjęcie równomiernego rozmieszczenia wartości na całej powierzchni zajmowanej przez oddział lub

na całej długości kolumny oddziału. Program o kryptonimie WYNIK-11W /wersja z 1973 roku [14] / opracowany na bazie tej metody dawał wyniki obarczone dużym błędem, szczególnie w stratach sprzętu o dużej odporności na działanie fali uderzeniowej. Łatwo się o tym przekonać analizując przykład obliczenia strat w sprzęcie pancernym w pułku czołgów znajdującym się w rejonie ześrodkowania, na który wykonano wybuch powietrzny o mocy 10 kt. Do obliczeń przyjmuje się następujące dane:

$L = 81$  - liczba czołgów w pułku;

$P = 100$  - powierzchnia rejonu pułku w  $\text{km}^2$  ;

$R = 0,45$  - promień rażenia czołgów w km, w rejonie powietrznego wybuchu jądrowego o mocy 10 kt.

Straty oblicza się z następującego wzoru:

$$S = P_r \cdot G_{\text{sr}}$$

gdzie:  $S$  - straty ilościowe;

$P_r$  - powierzchnia rażenia w rejonie wybuchu;

$G_{\text{sr}}$  - średnia gęstość elementów jednorodnych np. średnia gęstość czołgów.

Podstawiając dane liczbowe do tego wzoru otrzymuje się następujący wynik:

$$S = (\pi R^2) \cdot \left(\frac{L}{P}\right) = 3.14 \cdot 0.45^2 \frac{81}{100} = 0.515$$

Zaokrąglając ten wynik otrzymuje się, że straty czołgów w pułku od wybuchu powietrznego o mocy 10 kt równają się w przybliżeniu jednemu czołgowi. Wynik ten nawet dla słabo zorientowanych w tej problematyce, wydałby się niedorzeczny ze względu na znikomą ilość porażonego sprzętu. Stąd wynika, że skoro dane są prawdziwe a rezultat obliczeń jest absur-

dalny, to napewno przyjęte założenia są fałszywe. Najistotniejszym a jednocześnie fałszywym założeniem, było przyjęcie równomiernego rozmieszczenia czołgów na powierzchni rejonu zajmowanego przez pułk. Dla zwiększenia obliczonych strat w sprzęcie pancernym i zmechanizowanym czyniono próby zmniejszenia rejonu zajmowanego przez oddział poprzez aktualizację danych normatywnych, co w efekcie prowadziło do znacznego zawyżenia strat pułków w stanie osobowym i w sprzęcie o małej odporności na działanie czynników rażących w rejonie wybuchu. Jednak w przykładzie powyższym wystarczy założyć, że obiektem uderzenia w pułku jest kompania a otrzymana się straty bliskie oczekiwanym /w przybliżeniu wszystkie czołgi kompanii/.

Wynika z tego jasny wniosek, że bez uwzględnienia specyfiki działania oddziałów takich jak pułki nie można mówić o poprawnej ocenie strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych na szczeblu armii.

Inną pracą pokazującą jak formalizować proces oceny strat wojsk własnych była praca [41]. Poświęcono w niej dużo uwagi modelowaniu rażącego działania w rejonie wybuchu jądrowego, zaniedbując nieco sprawę modelowania obiektu. Bardzo istotnym jej elementem jest uzasadnienie potrzeby stosowania w obliczeniach komputerowych trójstopniowego prawa rażenia wraz z podaniem wszystkich istotnych danych, niezbędnych do jego algorytmizacji. Pokazany jest również algorytm przybliżonego obliczania powierzchni rażonej obiektu, co ma jednak bardziej zastosowanie akademickie, aniżeli poznawcze /całkowicie przybliżone jest opisane w wielu pozycjach literatury traktującej o metodach numerycznych/.

Metoda zaprezentowana w pracy [41] prawdopodobnie leg-

ła u podstaw jednego z zadań użytkowych opracowanych w ramach systemu KOMPLEKS 1900 [27], a świadczyłyby o tym wyniki otrzymane z testowania systemu. W dokumentacji nadesłanej wraz z systemem, potwierdzenia tego nie znaleziono.

System ten zgodnie z zapewnieniem autorów podlega ciągłym modyfikacjom, jednak informacji na temat stosowanych tam metod praktycznie nie ma, bo jeżeli nawet istnieją - to są bardzo skąpe i akurat nie związane z rozpatrywanym problemem. Być może te wątpliwości rozwiane będą po nadesłaniu pełnej dokumentacji systemu PASUW, ale to zapewne tak szybko nie nastąpi.

Bazując na zebranych doświadczeniach z ćwiczeń opracowano w roku 1975 nową wersję programu WYNIK-11W, w którym pierwszy raz zastosowano modele nierównomiernego rozmieszczenia wartości obiektu tzw. modele efektywnych powierzchni oraz dodatkowo trójstopnowy model rażenia.

Jeśli chodzi o modele efektywnych powierzchni, to są one oryginalnym opracowaniem, natomiast model rażenia zaczerpnięto z pracy [41], [36]. Modele powyższe zostały dokładnie opisane w pracy [16] i ponieważ będą przedmiotem szczegółowych rozważań w rozdziale 2, to obecnie autor ograniczy się do pokazania tylko pewnych istotniejszych dla tego problemu elementów. Stwierdza się tam, że równomierne rozmieszczenie ludzi i sprzętu jest przyjmowane tylko w stosunku do kcz, kp a w niektórych samodzielnych pododdziałach przyjmuje się nierównomierność rozmieszczenia ludzi i sprzętu w zajmowanych rejonach i w marszu według modelu uwzględniającego warunki i taktykę działań. Ponadto stosując zasadę maksymalizacji strat przyjęto, że każde uderzenie jądrowe trafia w środek obiektu.

Obiektami uderzeń są: w pułkach zmechanizowanych - bpz, bez; w pułkach czołgpw - kcz, kpz; w wojskach raketowych i artylerii - baterie startowe, dywizjony artylerii; w pułkach rakiet i artylerii przeciwlotniczej - baterie rakiet i artylerii; w innych rodzajach wojsk - bataliony lub składy oraz stanowiska dowodzenia dywizji i armii. Dla podwyższenia efektywności wykorzystania samego programu oraz dla urealnienia przewidywanej sytuacji bojowej wprowadzono pewne średnie normy ukrycia stanu osobowego i sprzętu techniczno-bojowego, uzależniając je: od czasu przebywania w rejonie; od miejsca i roli obiektu w ugrupowaniu bojowym lub systemie dowodzenia wojsk.

Dla pułku zmechanizowanego i analogicznych jednostek pod względem struktury organizacyjnej /o strukturze batalionowej/, opracowano dwustopniowy model nierównomiernego rozmieszczenia stanu osobowego i sprzętu znajdującego się w rejonie ześrodkowania, w obronie i w natarciu; dla pułku czołgów oraz jednostek o strukturze kompanijnej - model jedno-stopniowy. Dla jednostek znajdujących się w marszu zbudowano model efektywnej linii pułku, który w odróżnieniu od poprzednich był modelem dyskretnym. Na podkreślenie zasługuje fakt, że program WYNIK-11W w przedstawionej wersji uzyskał wiele pozytywnych ocen oraz wzbudził zainteresowanie towarzyszy radzieckich, czego dowodem było polecenie przesłania pełnej dokumentacji programu do Sztabu Zjednoczonych Sił Zbrojnych. Program był również pomocny w przygotowaniu tablic do metodyk prognozowania strat wojsk własnych [35]. W podsumowaniu pracy [16] można powiedzieć, że pomimo wielu zalet prezentowanych tutaj modeli, pojawiły się również

pewne uchybienia. Jednym z nich była konieczność wprowadzenia do charakterystyk jednostki współczynnika powiększenia powierzchni rejonu zajmowanego przez wojska, ze względu na "wydłużony" kształt tj. dla przypadku, gdy stosunek szerokości do głębokości nie był bliski jedności. Ponadto model nie uwzględniał tego, że sam przewidywany obiekt uderzenia jak np. kompania lub batalion, może znajdować się w ugrupowaniu marszowym wyczekując w rejonie przed przystąpieniem do działań /np. w drugim rzucie lub odwodzie/. Mankamentem samego programu wykorzystującego te modele, było zapisanie na stałe identyfikatorów obiektów uderzeń jądrowych, co zostało dopiero usunięte w kolejnej wersji programu opracowanego na ROO o kryptonimie WYNIK-11WR, który jest eksploatowany do chwili obecnej. Przedstawione tutaj uchybienia nie były przeszkodą w wykorzystaniu jednego z modeli w ocenie strat na szczeblu dywizji - w zadaniu D141 systemu CIĘCIWA-D1 [39]. Model ten, a był nim model pułku czołgów, stosowano w zadaniu D141 w zmodyfikowany sposób. Modyfikacja polegała na tym, że obliczanie stopnia porażenia efektywnej powierzchni poprzedzono wyznaczeniem ekwiwalentnego promienia rażenia tj. promienia koła o powierzchni równej powierzchni rażonej obiektu. Wielkość powierzchni rażonej obliczano uwzględniając odchylenie centrum wybuchu od centrum obiektu.

Pracą o odmiennym potraktowaniu procesu modelowania strat wojsk własnych w rejonach wybuchów jądrowych była praca [9]. Za miarę strat, w odróżnieniu od dotychczasowych prac, przyjęto tutaj wartość oczekiwaną strat, przy założeniu:

1/ wykładniczego rozmieszczenia wartości obiektu - według

krzywej rozkładu normalnego;

- 2/ wykładniczego prawa rażenia zmieniającego się wraz z kwadratem odległości od centrum wybuchu;
- 3/ rozrzutu miejsca wybuchu - według krzywej rozkładu normalnego.

Na bazie takich założeń skonstruowano wzory do obliczania wartości oczekiwanej strat obiektów punktowych, kołowych i prostokątnych. Ponadto zbudowano modele typowych obiektów występujących w wojskach OPK takich jak: lotniska, dywizjony ogniowe, jednostki radiotechniczne, stanowiska dowodzenia i inne - uwzględniając w nich odpowiednie rozśrodkowanie ludzi i sprzętu. W zakończeniu krótkiego omówienia tej pracy można powiedzieć, że jej autor starał się - w miarę możliwości - uwzględnić jak najwięcej czynników mających wpływ na wielkość poniesionych strat, jednak zatracił z pola widzenia potrzebę uzasadnienia przyjmowanych do rozważań założeń, co znacznie obniżyło jej jakość. Ponadto probabilistyczny sposób ujęcia problemu przedstawiony w pracy [9] był znacznie wcześniej rozwiązany w pracy [28] .

Ostatnią z ważniejszych publikacji z tego zakresu była praca [24] tycząca oceny strat wojsk armii i frontu w rejonach wybuchów jądrowych, wykonana dla potrzeb systemu CROT. Zastosowano w niej następujące modele:

- 1/ efektywnych powierzchni i hipotetycznych ugrupowań z równomiernie rozmieszczoną wartością;
- 2/ trójstopniowy model rażenia.

Modele te w zmodyfikowanej wersji będą przedmiotem szczególnych rozważań w rozdziale drugim i trzecim rozprawy i dlatego obecnie autor nie będzie poświęcał im więcej uwagi. Można

nadmienić tutaj, że model hipotetycznych ugrupowań wykorzystany w zadaniu RO04 systemu GROT, w ostatecznej wersji programowej został nieco uproszczony w stosunku do proponowanych rozwiązań w pracy [24]. Uproszczenia te podyktowane były małymi mocami obliczeniowymi komputera znajdującego się na wyposażeniu Ruchomego Ośrodka Obliczeniowego /ROO/.

x x x x x

W niniejszym rozdziale przeanalizowano najbardziej reprezentatywne prace zarówno radzieckich jak i polskich autorów z zakresu komputerowej oceny strat wojsk własnych w rejonach wybuchów jądrowych. Analizy tej dokonano mając na uwadze następujące problemy:

- 1/ sposób określania położenia obiektu względem wybuchu jądrowego;
- 2/ modelowania obiektu, a w szczególności kształtu i sposobu rozmieszczenia jego wartości;
- 3/ powiązania modelu obiektu ze strukturą organizacyjną i zasadami działania wojsk;
- 4/ modelowania rażącego działania wybuchu jądrowego.

W wyniku przeprowadzonej analizy oraz na bazie uzyskanych doświadczeń można sformułować następujące zasadnicze wnioski:

- 1/ metody komputerowej oceny strat w rejonach wybuchów jądrowych powinny być dostosowane do szczebla dowodzenia wojsk;
- 2/ metody te powinny uwzględniać nierównomierność /dyskretność rozmieszczenia ludzi i techniki bojowej znajdującej się w rejonach wybuchów jądrowych;

- 3/ powinny uwzględniać zasady prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania broni jądrowej;
- 4/ powinny uwzględniać funkcje i specyfikę działań jednostek różnych rodzajów wojsk;
- 5/ powinny stosować probabilistyczne modele rażenia.

## Rozdział 2.

### Modele wyróżnionych<sup>x/</sup> obiektów armijnych dla komputerowej oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych

#### 2.1. Rozważania wprowadzające

W rozdziale pierwszym przeanalizowano opracowania zawierające opisy różnych rozwiązań z zakresu oceny strat w rejonach wybuchów jądrowych. Wszystkie miały jeden zasadniczy mankament - bazowały na równomiernym rozmieszczeniu ludzi i sprzętu na powierzchni zajmowanych rejonów. Z doświadczeń wynika, że takie sztywne podejście w stosunku do wszystkich jednostek, niezależnie od szczebla struktury organizacyjnej, prowadzi do fatalnych błędów w szacowaniu strat. Prace projektowe prowadzone w tym zakresie pozwalają wnioskować, że zastosowanie komputera do rozwiązania tego problemu wymaga opracowania odpowiednich modeli matematycznych niektórych obiektów znajdujących się w zasięgu oddziaływania broni jądrowej, której skutki użycia będziemy oceniać oraz dodatkowo zamodelować rażące jej działanie.

Pierwszy aspekt oceny strat, którym jest matematyczne modelowanie obiektów znajdujących się w rejonie wybuchu jądrowego, będzie przedmiotem rozważań w niniejszym rozdziale, natomiast model rażącego działania broni jądrowej w rejonie wybuchu, będzie szczegółowo przeanalizowany w rozdziale następnym. Celowo w pracy pominięty jest problem modelowania obiektów dla potrzeb komputerowej oceny strat stanu osobowego znajdującego się w strefach skażeń promienio-

x/Przez wyróżniony obiekt armijny należy rozumieć taką jednostkę bezpośredniego lub pośredniego podporządkowania szczebla armijnego, w stosunku do której niecelowe jest stosowanie równomiernego rozmieszczenia ludzi czy sprzętu przy ocenie strat w rejonach wybuchów jądrowych /elementy struktury organizacyjnej lub ugrupowania bojowego tych jednostek same stanowią opłaczalne obiekty uderzeń/.

twórczych, ponieważ rozmiary tych stref są znacznie większe od wymiarów obiektów armijnych będących przewidywanymi celami napadu jądrowego potencjalnego przeciwnika. Z doświadczeń wynika, że dla tego przypadku wystarczy założyć równomierne rozmieszczenie stanu osobowego na powierzchni tych obiektów.

Jak wynika z rozważań zapisanych w rozdziale pierwszym, takiego uproszczenia nie można zastosować do oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych ze względu na porównywalność wymiarów obiektów z rozmiarami stref porażen powstałych wskutek działania fali uderzeniowej, promieniowania cieplnego i przenikliwego. Szczególnie istotne jest to stwierdzenie w odniesieniu do wybuchów jądrowych małej i średniej mocy. Bazując na pracy [41] i innych źródłach można stwierdzić, że znaczną część ładunków jądrowych przewidywanych do wykonania uderzenia na nasze wojska prowadzące armijną operację zaczepną stanowią ładunki małej i średniej mocy. Według poglądów potencjalnego przeciwnika, obiektami uderzeń jądrowych będą przede wszystkim środki napadu jądrowego znajdujące się w rejonach ześrodkowania na pozycjach startowych i w kolumnie marszowej na pozycjach wyjściowych; stanowiska dowodzenia; wojska w rejonach ześrodkowania i w czasie przegrupowania; ważne obiekty tyłowe itp.

Na podstawie powyższych rozważań można sformułować dwa następujące wnioski:

- 1/ Do oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych na szczeblu armii nie można zakładać równomiernego rozmieszczenia elementów jednorodnych w rejonach działania takich wyróżnionych obiektów, jak np. pułki zmechanizowane w rejonach ześrodkowania czy dywizjony rakiet operacyjno-tak-

tychnych znajdujące się na stanowiskach startowych.

2/ Dla wyróżnionych obiektów armijnych pośredniego podporządkowania, jak: pz, pcz, pa, paplot, dar, drt i niektórych bezpośredniego podporządkowania, jak papanc, prplot itp. celowym jest opracować modele nierównomiernego rozmieszczenia /dyskretne lub ciągłe/ uwzględniając specyfikę ich działania a w szczególności zasady obrony przed bronią jądrową.

W wyniku zastosowania takich modeli do oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych powinno się uzyskać wyniki dokładniejsze, ewentualnie zbliżone do otrzymywanych metodami tradycyjnymi, uwzględniającymi jednak przy ocenie taktykę działań, ukompletowanie oraz zasady obrony przed bronią jądrową. Jeden z możliwych sposobów zamodelowania wyróżnionych obiektów armijnych został przedstawiony w pracy [16] oraz praktycznie zastosowany w programie o kryptonimie WYNIK-11W. Program ten był wielokrotnie wykorzystywany w czasie ćwiczeń zarówno w ramach MON, jak też Układu Warszawskiego i uzyskał bardzo wysokie oceny. Jest to przykład modelu ciągłego i nazywany jest modelem efektywnych powierzchni.

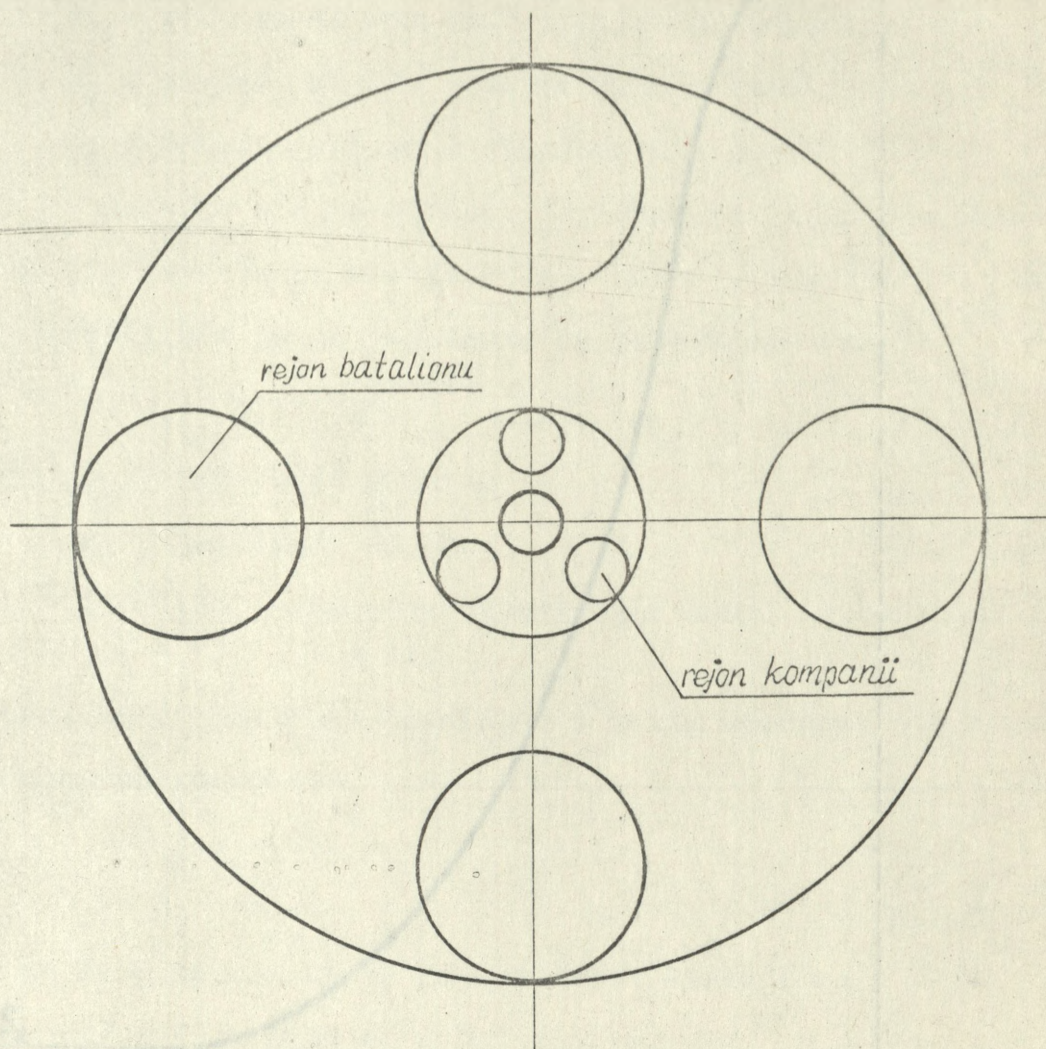
Innym przykładem modelowania wyróżnionych obiektów armijnych są modele dyskretne tzw. modele hipotetycznych ugrupowań, które znalazły zastosowanie w zadaniu użytkowym RO $\phi$ 4 zrealizowanym w ramach systemu GROT. W tych modelach za miarę strat przyjęto wartość oczekiwaną strat. Jak oceniać straty takich obiektów przedstawiono w pracy [24], gdzie podano końcowe zależności matematyczne do zastosowania komputerowego. Matematyczne podstawy prowadzące do

uzyskania wzorów końcowych wykorzystywanych do oceny strat, zarówno w przypadku modeli ciągłych jak i dyskretnych z uwzględnieniem koniecznych modyfikacji, będą przedstawione w niniejszym rozdziale.

## 2.2. Modele efektywnych powierzchni

Pod pojęciem efektywnej powierzchni wyróżnionego obiektu proponuje się rozumieć sumaryczną powierzchnię zajmowaną przez pododdziały w oddziale /przy założeniach jakie będą przedstawione przy opisie prezentowanych modeli/. Charakterystycznymi obiektami które będą przedmiotem rozważań są pułki zmechanizowane i pułki czołgów. Założono, że pułki /obiekty/ jako elementy ugrupowania bojowego dywizji znajdują się w rejonie ześrodkowania, który jest aproksymowany powierzchnią kołową. Na podstawie badań i weryfikacji rezultatów przyjęto do prognozowania, że centrum wybuchu pokrywa się z centrum obiektu. To założenie nie kłóci się z zasadą maksymalizacji /kryterium optymistycznym/, jaką powinno się stosować przy ocenie strat wojsk własnych, uwzględniając przy tym zasady obrony przed BMR. Na podstawie wcześniejszych analiz i obserwacji przyjmuje się dla pułku zmechanizowanego dwustopniowy model rozmieszczenia ludzi i sprzętu na powierzchni rejonu kołowego rozmieszczenia pododdziałów. Na podstawie rozważań taktycznych założono, że w centrum rejonu pułku znajduje się batalion /piechoty lub czołgów/ natomiast w centrum rejonu batalionu - kompania /kp lub kcz/. Ludzie i sprzęt mogą być równomiernie rozmieszczeni tylko na powierzchni kompanii. Dla batalionu i pułku wyznacza się funkcje opisujące

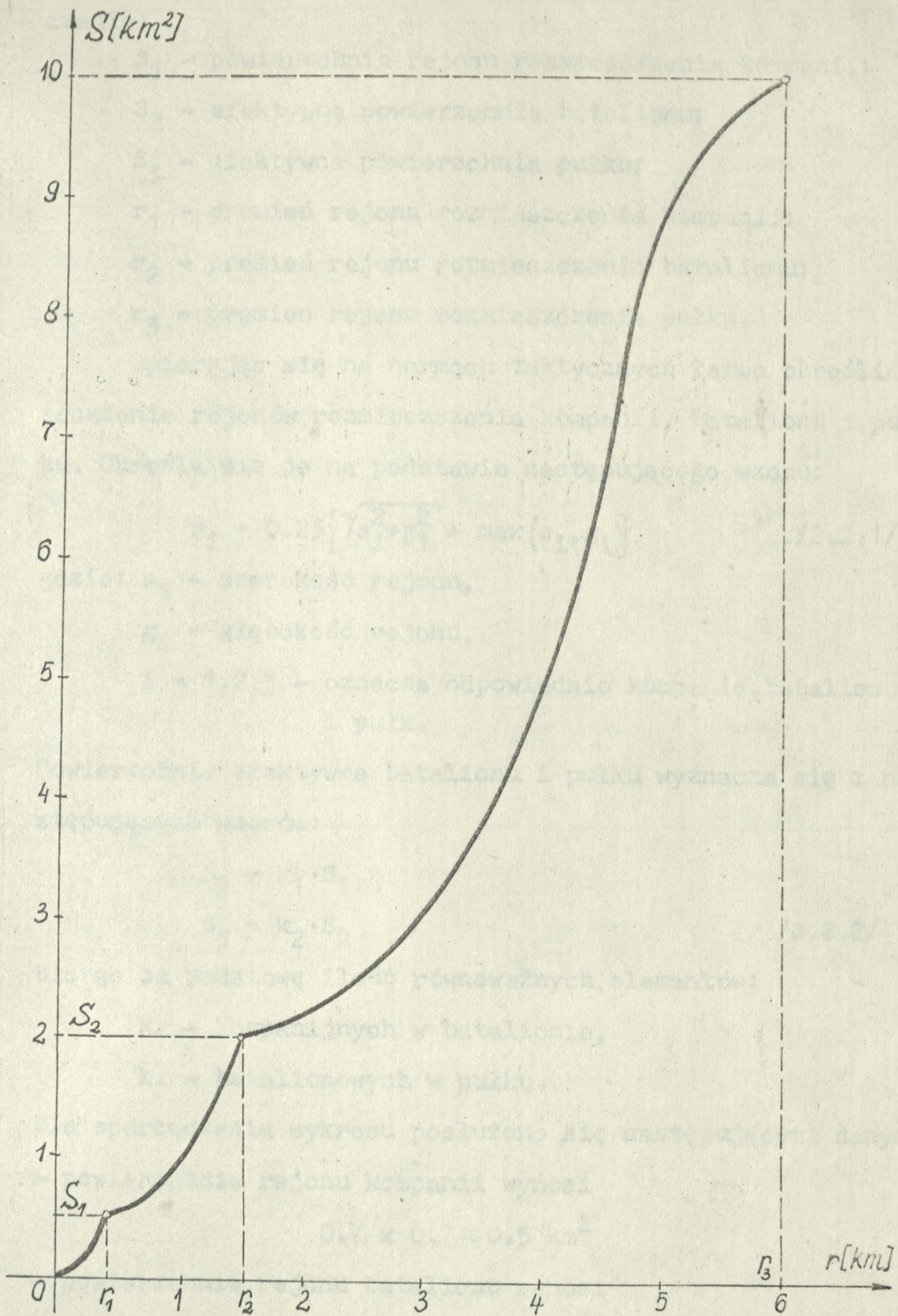
prawdopodobne rozmieszczenie ludzi i sprzętu na powierzchni zajmowanego rejonu. Dla ułatwienia zrozumienia przyjętych założeń wykonano rysunek /rys.2.2.1/ rozmieszczenia zasadniczych elementów pułkowych i batalionowych oraz odpowiadający temu



Rys.2.2.1. Rozmieszczenie zasadniczych elementów pułkowych i batalionowych w pz

zmodyfikowany wykres /rys.2.2.2/ powierzchni efektywnej tzn. takiej na której może się znajdować stan osobowy lub sprzęt techniczno-bojowy pułku.

Rys.2.2.2. Wykres powierzchni efektywnej dla pz



Rys.2.2.2. Wykres powierzchni efektywnej dla pz

Symbole umieszczone na wykresie mają następujące znaczenie:

$S_1$  - powierzchnia rejonu rozmieszczenia kompanii;

$S_2$  - efektywna powierzchnia batalionu;

$S_3$  - efektywna powierzchnia pułku;

$r_1$  - promień rejonu rozmieszczenia kompanii;

$r_2$  - promień rejonu rozmieszczenia batalionu;

$r_3$  - promień rejonu rozmieszczenia pułku.

Opierając się na normach taktycznych łatwo określić promienie rejonów rozmieszczenia kompanii, batalionu i pułku. Określa się je na podstawie następującego wzoru:

$$r_i = 0.25 \left[ \sqrt{s_i^2 + g_i^2} + \max(s_i, g_i) \right] \quad /2.2.1/$$

gdzie:  $s_i$  - szerokość rejonu,

$g_i$  - głębokość rejonu,

$i = 1, 2, 3$  - oznacza odpowiednio kompanię, batalion i pułk.

Powierzchnie efektywne batalionu i pułku wyznacza się z następujących wzorów:

$$S_2 = k_1 \cdot S_1$$

$$S_3 = k_2 \cdot S_2 \quad /2.2.2/$$

biorąc za podstawę ilość równoważnych elementów:

$k_1$  - kompanijnych w batalionie,

$k_2$  - batalionowych w pułku.

Dla sporządzenia wykresu posłużono się następującymi danymi:

- powierzchnia rejonu kompanii wynosi

$$0.7 \times 0.7 \approx 0.5 \text{ km}^2$$

- powierzchnia rejonu batalionu wynosi

$$2.5 \times 2.5 \approx 6.3 \text{ km}^2$$

- powierzchnia rejonu pułku wynosi

$$10 \times 10 = 100 \text{ km}^2$$

- liczba równoważnych elementów kompanijnych i batalionowych wynosi odpowiednio 4 i 5.

Dla uważnego czytelnika napewno zastanawiające jest, dlaczego autor pisał wcześniej o modelu powierzchni efektywnych jako o modelu ciągłym, natomiast rys.2.2.1 przedstawia model pułku zmechanizowanego w formie dyskretnej. Bierze się to stąd, że rysunek ten spełnia tylko rolę pomocniczą w budowaniu warunków ograniczających, pozwalających wyznaczyć niewiadome współczynniki funkcji opisujących zmiany powierzchni efektywnej w funkcji odległości. Założono, że dla modelu pułku zmechanizowanego funkcje te mogą mieć następującą postać:

$$1/ \text{ dla } \begin{cases} 0 < r \leq r_1 \\ S(r) = a_0 r^2 + b_0 r \end{cases}$$

$$2/ \text{ dla } \begin{cases} r_1 < r \leq r_2 \\ S(r) = a_1 r^3 + b_1 r^2 + c_1 r + d_1 \end{cases}$$

$$3/ \text{ dla } \begin{cases} r_2 < r \leq r_3 \\ S(r) = a_2 r^3 + b_2 r^2 + c_2 r + d_2 \end{cases}$$

$$4/ \text{ dla } \begin{cases} r > r_3 \\ S(r) = S_3 \end{cases}$$

Niewiadome współczynniki  $a_0, b_0$  dla pierwszego przedziału wyznacza się korzystając z następujących ograniczeń:

- 1/ dla rejonu rozmieszczenia kompanii o szerokości równej głębokości współczynnik liniowy  $b_0$  powinien zniknąć;
- 2/ dla rejonu rozmieszczenia kompanii o głębokości znacznie większej od szerokości /lub odwrotnie/ współczynnik  $a_0$  powinien zniknąć.

Łatwo zauważyć, że w pierwszym przypadku mamy do czynienia z obiektem powierzchniowym a w drugim z liniowym [40].

Wzory dla wyznaczenia współczynników  $a_0, b_0$ , spełniające powyższe ograniczenia, są następujące:

$$a_0 = \frac{S_1}{r_1^2} \cdot \frac{s}{g} ; b_0 = \frac{S_1}{r_1} \left(1 - \frac{s}{g}\right) \quad /2.2.3/$$

gdzie:  $s = \min(s_1, g_1)$

$g = \max(s_1, g_1)$

Niewiadome współczynniki  $a_i, b_i, c_i, d_i$  /dla  $i=1,2$ / określa się na podstawie następującego układu ośmiu równań, stanowiącego zbiór niżej określonych warunków ograniczających:

$$\left. \begin{array}{l} 1/ S(r_i) = S_i \\ 2/ S(r_{i+1}) = S_{i+1} \\ 3/ \frac{dS}{dr} \Big|_{r=r_i} = 0 \\ 4/ \frac{d^2S}{dr^2} \Big|_{r=\Delta r_i} = 0 \\ \Delta r_i = r_{i+1} - r_i \\ \text{dla } i=1,2 \end{array} \right\} \quad /2.2.4/$$

W formie jawnej warunki /2.2.4/ przyjmują następującą postać:

$$\left. \begin{array}{l} 1/ a_i r_i^3 + b_i r_i^2 + c_i r_i + d_i = S_i \\ 2/ a_i r_{i+1}^3 + b_i r_{i+1}^2 + c_i r_{i+1} + d_i = S_{i+1} \\ 3/ 3a_i r_i^2 + 2b_i r_i + c_i = 0 \\ 4/ 3a_i \Delta r_i + b_i = 0 \\ \text{dla } i=1,2 \end{array} \right\} \quad /2.2.5/$$

Rozwiązując układ równań /2.2.5/ względem niewiadomych  $a_i, b_i, c_i, d_i$  otrzymuje się następujące wzory dla określenia wartości współczynników funkcji rozkładu powierzchni efektywnej:

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{\Delta S_i}{(\Delta r_i)^2 (5r_i - 2r_{i+1})} \\ b_i &= -3a_i \cdot \Delta r_i \\ c_i &= 3a_i \cdot r_i (2r_{i+1} - 3r_i) \\ d_i &= S_i - [(a_i \cdot r_i + b_i) r_i + c_i] r_i \\ \Delta S_i &= S_{i+1} - S_i \\ &\text{dla } i=1,2 \end{aligned} \right\} /2.2.6/$$

Równania 1/i 2/ ze zbioru wyrunków /2.2.4/ oznaczają ciągłość powierzchni efektywnej na brzegach przedziałów zmienności promienia obiektu /lewo- i prawostronnie/. Równanie 3/ oznacza, że funkcje opisujące zmiany powierzchni efektywnej batalionu czy pułku muszą zmieniać się łagodnie przy przejściu granicy rejonu kompanii lub batalionu, ponieważ prawdopodobieństwo znalezienia się jednej kompanii w pobliżu drugiej lub jednego batalionu w pobliżu drugiego jest bardzo małe. Równanie 4/ oznacza, że maksimum przyrostu powierzchni efektywnej batalionu lub pułku przypada na środek równoważnego elementu kompanijnego ( $i=1$ ) lub batalionowego ( $i=2$ ) znajdującego się poza elementem centralnym batalionu lub pułku, ponieważ prawdopodobieństwo znalezienia się wymienionych elementów /ściślej ich środków/ w odległościach  $\Delta r_i$  ( $i=1,2$ ) od centrum obiektu jest największe.

W podobny sposób można rozważyć i wyznaczyć funkcje opisujące rozkład powierzchni efektywnej w pułku czołgów traktując problem tylko jednostopniowo, ponieważ pułk czołgów ma strukturę kompanijną. Oznacza to, że obliczenia należy wyko-

nać tylko dla  $i=1$ , przyjmując na miejsce danych batalionu dane pułku.

Wyniki uzyskane z badań tego problemu doprowadziły do wniosku, że podobne funkcje opisujące rozkład powierzchni efektywnej można wyznaczyć dla innych wyróżnionych obiektów armijnych bezpośredniego i pośredniego podporządkowania - w zależności od tego czy są to obiekty o strukturze batalionowej /dywizjonowej/, czy też kompanijnej /baterijnej/ - można stosować model dwustopniowy /pułku zmechanizowanego/ lub jednostopniowy /pułku czołgów/.

Mając tak skonstruowany model wyróżnionego obiektu armijnego przy obliczaniu strat w rejonie wybuchu jądrowego postępuje się według poniższego schematu:

- 1/ oblicza się promień rażenia względnie jednorodnych elementów określonego rodzaju /np. ludzi w transporterach opancerzonych/ - na podstawie parametrów wybuchu jądrowego;
- 2/ oblicza się stopień rażenia powierzchni efektywnej jako stosunek rażonej powierzchni efektywnej do całkowitej powierzchni efektywnej;
- 3/ mnoży się stopień rażenia powierzchni efektywnej przez liczbę względnie jednorodnych elementów;
- 4/ procedurę powtarza się dla każdego rodzaju względnie jednorodnych elementów wyróżnionego obiektu.

W przypadku posiadania szczegółowych danych o ilości względnie jednorodnych elementów w kompanii, batalionie i pułku, oblicza się stopień rażenia powierzchni efektywnej oddzielnie dla każdego przedziału zmienności promienia wyróżnionego obiektu a następnie mnoży się go przez liczbę

względnie jednorodnych elementów znajdujących się w danym przedziale. Dla przykładu w pułku zmechanizowanym liczba ludzi w drugim przedziale będzie równa różnicy stanu osobowego batalionu i kompanii.

### 2.3. Modele hipotetycznych ugrupowań

#### 2.3.1. Ogólna postać funkcji strat obiektów jednowymiarowych

Ocena ilościowa strat obiektu od jednej eksplozji wystrzelonej przez niszczyciela powinna uwzględniać geometryczne charakterystyki niszczyciela, obiektu niszczenia oraz ich otoczenia. Wśród tych charakterystyk istotną rolę odgrywają:

- gęstość wartości obiektu;
- gęstość strat obiektu;
- gęstość prawdopodobieństwa punktów eksplozji pocisku.

Jako wynik, dla danych charakterystyk, otrzymuje się oczekiwane straty obiektu niszczonego w jednym strzale. Straty te są funkcją zmiennych istotnych w danym modelu, a funkcję tę nazywa się funkcją strat obiektu. Miarą działania niszczyciela jest stopień zniszczenia obiektu /straty obiektu/. W ogólnym przypadku straty są funkcją wielu zmiennych:

- współrzędnych punktu celowania;
- parametrów charakteryzujących niszczyciela;
- parametrów obiektu niszczenia;
- wzajemnego położenia niszczyciela i obiektu itp.

Funkcję strat obiektu wyznacza się w dwóch etapach:

I etap - wyznaczenie ogólnej postaci warunkowej funkcji strat obiektu, określającej stopień zniszczenia obiektu w ustalonym punkcie  $x_e$  ;

II etap - wyznaczenie bezwarunkowej funkcji strat obiektu, pozwalającej obliczyć średnią /oczekiwaną/ wartość tych strat /należy znać rozkład prawdopodobieństwa punktów eksplozji/.

Przed przystąpieniem do dalszych rozważań należy zdefiniować pojęcie wartości obiektu.

Wartość obiektu jest to niemianowana liczba  $C$  jako względna wartość danego obiektu w odniesieniu do ustalonego obiektu standardowego.

W ogólnym przypadku liczba  $C$  wskazuje ile razy cenniejsze jest zniszczenie danego obiektu w stosunku do zniszczenia obiektu standardowego. Wartość obiektu w tym pojęciu jest zależna między innymi od jego przydatności w danej chwili na polu walki lub zapleczu i na ogół nie jest stała, lecz zależy od sytuacji bojowej. Do rozważań przyjmuje się wartość obiektu za znaną i ustaloną tzn. pomijać się będzie elementy trudno dające się zmierzyć. W pracy najczęściej przez wartość obiektu będzie rozumiana liczba elementów względnie jednorodnych np. czołgów. Przez gęstość wartości obiektu należy rozumieć gęstość elementów względnie jednorodnych. W rozważaniach matematycznych wygodnie jest posługiwać się wielkościami unormowanymi, stąd funkcja gęstości wartości obiektu powinna spełniać warunek:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} g_0(x) dx = 1 \quad /2.3.1.1/$$

gdzie:  $g_0(x)$  - gęstość wartości obiektu liniowego.

Dla określenia postaci warunkowej funkcji strat obiektu oprócz  $g(x)$  potrzebna jest jeszcze funkcja gęstości strat obiektu. Funkcja ta innymi słowy jest rozkładem rażenia tzn. podaje prawdopodobieństwo rażenia celu w funkcji odległości celu od miejsca wybuchu pocisku. Oznaczając funkcję gęstości strat obiektu przez  $g_s(x, x_e, \lambda)$ ,

gdzie:  $x$  - zmienna związana z układem obiektu;

$x_e$  - współrzędna punktu eksplozji pocisku;

$\lambda$  - parametr zależny od charakterystyk pocisku i celu;

można warunkową funkcję strat w postaci ogólnego wzoru zapisać następująco:

$$G_w(x_e, \lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} g_o(x) g_s(x, x_e, \lambda) dx \quad /2.3.1.2/$$

W kolejnym etapie wyznacza się bezwarunkową funkcję strat obiektu z następującej zależności:

$$G(x_c, \lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x_e, x_c) G_w(x_e, \lambda) dx_e \quad /2.3.1.3/$$

gdzie:  $f(x_e, x_c)$  - funkcja gęstości prawdopodobieństwa punktów eksplozji;

$x_c$  - współrzędna punktu celowania.

### 2.3.2. Funkcja strat obiektu liniowego o równomiernie rozłożonej wartości

Dany jest obiekt liniowy o długości  $2d$  i wartości równomiernie rozłożonej na całej długości. Funkcja gęstości wartości obiektu spełniająca warunek unormowania ma postać następującą:

$$g_0(x) = \begin{cases} \frac{1}{2d} & \text{dla } |x| \leq d \\ 0 & \text{dla } |x| > d \end{cases} \quad /2.3.2.1/$$

Funkcję gęstości strat przyjęto w formie skokowego prawa rażenia, w którym promień rażenia oznaczono literą "a", natomiast wielkość prawdopodobieństwa rażenia współczynnikiem "k" spełniającym zależność  $k \leq 1$ . Przy takim założeniu można stosować do wyznaczenia funkcji strat trzystopniowe prawo rażenia /patrz rozdział 3/ dokonując superpozycji rezultatów dla różnych wartości współczynnika k.

Funkcja gęstości strat ma następującą postać:

$$g_s(x, x_e) = \begin{cases} k & \text{dla } x_e - a \leq x \leq x_e + a \\ 0 & \text{dla pozostałych } x \end{cases} \quad /2.3.2.2/$$

Funkcję gęstości strat i funkcję gęstości wartości obiektu można zapisać w innej formie wykorzystując do tego celu funkcję Heaviside'a /zwaną też funkcją jednostkową/ lub funkcję będącą ilorzem modułu danej wielkości do tej wielkości. Z definicji funkcja Heaviside'a jest następująca /skok jednostkowy/;

$$H(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < 0 \\ 1 & \text{dla } x \geq 0 \end{cases} \quad /2.3.2.3/$$

Druga funkcja jest następującej postaci /dla wygody oznaczono przez M/:

$$M(x) = \frac{|x|}{x} = \begin{cases} -1 & \text{dla } x < 0 \\ 1 & \text{dla } x > 0 \end{cases} \quad /2.3.2.4/$$

Funkcja  $M(x)$  ma nieciągłość w punkcie  $x=0$ , ale są określone jej granice w tym punkcie. Korzystając z definicji funkcji  $M(x)$ ,

gęstość wartości obiektu można zapisać następująco:

$$g_o(x) = \frac{1}{4d} [M(x+d) - M(x-d)]$$

oraz gęstość strat obiektu w postaci:

$$g_s(x, x_e) = \frac{k}{2} [M(x-x_e+a) - M(x-x_e-a)]$$

Stąd warunkowa funkcja strat obiektu po wykorzystaniu wzoru

/2.3.1.2/ będzie następującej postaci:

$$G_w(x_e) = \frac{k}{8d} \int_{-\infty}^{+\infty} [M(x+d) - M(x-d)] [M(x-x_e+a) - M(x-x_e-a)] dx$$

lub zamieniając na całkę w granicach skończonych w innej postaci:

$$G_w(x_e) = \frac{k}{4d} \int_{-d}^{+d} [M(x-x_e+a) - M(x-x_e-a)] dx \quad /2.3.2.5/$$

Przyjmując, że punkty eksplozji podlegają prawu normalnemu, wzór na bezwarunkową funkcję strat jest następującej postaci:

$$G = \int_{-\infty}^{+\infty} f_N(x_e) \cdot G_w(x_e) dx_e \quad /2.3.2.6/$$

gdzie:  $f_N(x_e)$  - funkcja rozkładu normalnego punktów eksplozji.

Postać tej funkcji jest następująca

$$f_N(x_e) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x_e - x_c}{\sigma}\right)^2\right] \quad /2.3.2.7/$$

gdzie:  $\sigma$  - odchylenie standardowe rozkładu;

$x_c$  - wartość oczekiwana rozkładu zmiennej losowej

$x_e$  /współrzędna punktu celowania/.

Odchylenie standardowe  $\sigma$  jest dodatnim pierwiastkiem kwadratowym z wariancji rozkładu normalnego.

Po podstawieniu do wzoru /2.3.2.6/ wyrażeń /2.3.2.7/ i /2.3.2.5/ i dokonaniu przekształceń matematycznych otrzymuje się ostatecznie wzór na funkcję strat obiektu liniowego o równomiernie rozłożonej wartości w postaci:

$$G = \frac{\sigma k}{2d} \left\{ t_1 \cdot F_0(t_1) + z_2 \cdot F_0(z_2) - t_2 \cdot F_0(t_2) - z_1 \cdot F_0(z_1) + \right. \\ \left. + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[ \exp\left(-\frac{t_1^2}{2}\right) + \exp\left(-\frac{z_2^2}{2}\right) - \exp\left(-\frac{t_2^2}{2}\right) - \exp\left(-\frac{z_1^2}{2}\right) \right] \right\}$$

gdzie:  $t_1 = -\frac{d+a-x_c}{\sigma}$  ;  $t_2 = \frac{d-a-x_c}{\sigma}$  ; /2.3.2.8/

$$z_1 = \frac{-d+a-x_c}{\sigma} \quad ; \quad z_2 = \frac{d+a-x_c}{\sigma}$$

$$F_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$$

- dystrybuanta rozkładu normalnego.

Często bywa tak, że nie ma możliwości skorzystania do obliczeń z wartości dystrybuanty a są dostępne wartości funkcji Laplace'a /funkcji błędów/. Związek między dystrybuantą rozkładu normalnego i funkcją Laplace'a jest następujący:

$$F_0(t) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi\left(\frac{t}{\sigma}\right) \right] \quad /2.3.2.9/$$

gdzie:  $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-u^2) du$  - funkcja Laplace'a

Wzór na bezwarunkową funkcję strat obiektu wyrażony przy pomocy funkcji Laplace'a przyjmuje następującą postać:

$$G = \frac{\sigma k \sqrt{2}}{4d} \left\{ u_1 \Phi(u_1) + v_2 \Phi(v_2) - u_2 \Phi(u_2) - v_1 \Phi(v_1) + \right. \\ \left. + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left[ \exp(-u_1^2) + \exp(-v_2^2) - \exp(-u_2^2) - \exp(-v_1^2) \right] \right\}$$

gdzie:  $u_1 = \frac{t_1}{\sqrt{2}}$  ;  $u_2 = \frac{t_2}{\sqrt{2}}$  ; /2.3.2.10/

$$v_1 = \frac{z_1}{\sqrt{2}} \quad ; \quad v_2 = \frac{z_2}{\sqrt{2}} \quad ;$$

$t_1, t_2, z_1, z_2$  - jak we wzorze /2.3.2.8/

### 2.3.3. Funkcja strat obiektu powierzchniowego o równomiernie rozłożonej wartości

Dany jest obiekt powierzchniowy w kształcie prostokąta o długości  $2d$  i szerokości  $2b$  oraz równomiernie rozłożonej wartości na całej powierzchni.

Funkcja gęstości wartości obiektu przyjmuje następującą postać:

$$g_0(x,y) = \begin{cases} \frac{1}{4bd} & \text{dla } |x| \leq d; |y| \leq b \\ 0 & \text{dla pozostałych wartości} \end{cases} \quad /2.3.3.1/$$

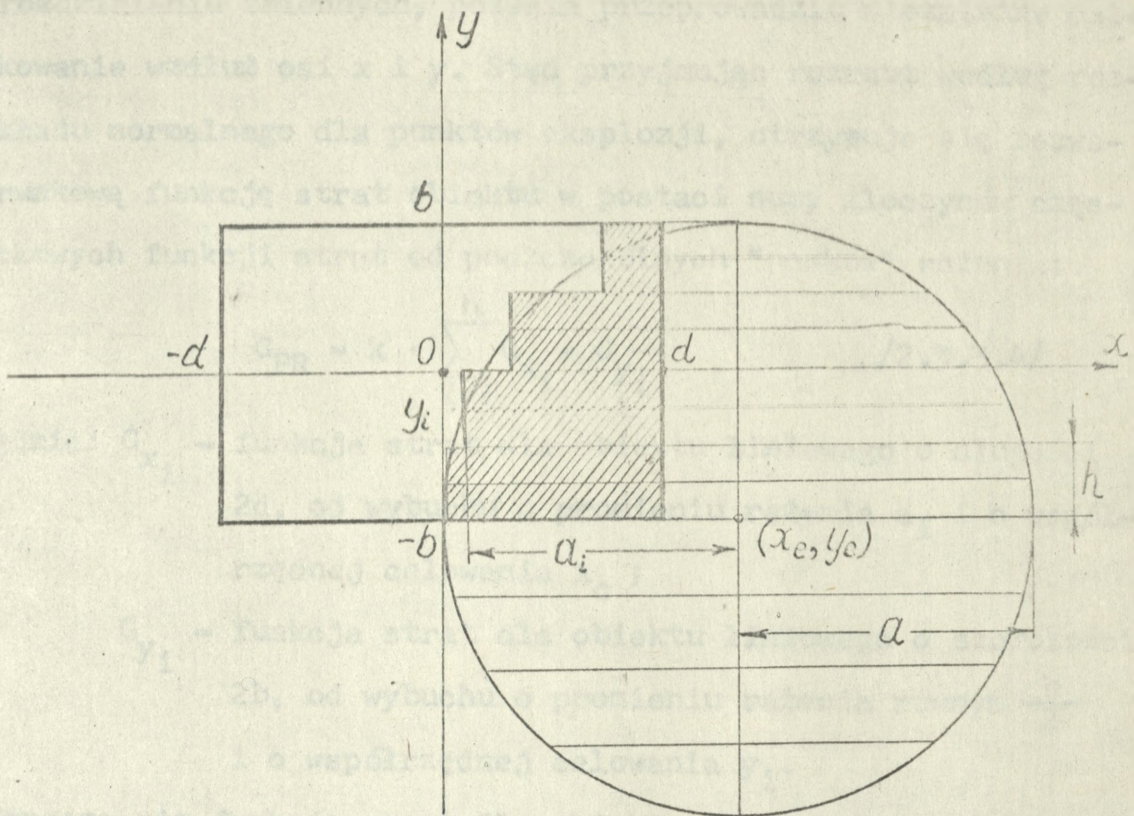
Funkcję gęstości strat przyjmuje się w postaci skokowego prawa rażenia /analogicznie jak dla obiektu liniowego/:

$$g_s(x,y,x_e,y_e) = \begin{cases} k & \text{dla } (x-x_e)^2 + (y-y_e)^2 \leq a^2 \\ 0 & \text{dla pozostałych wartości} \end{cases} \quad /2.3.3.2/$$

gdzie:  $k, a$  - jak dla obiektu liniowego;

$x_e, y_e$  - współrzędne punktu eksplozji.

Ponieważ wzór na bezwarunkową funkcję strat obiektu powierzchniowego przy powyższych założeniach trudno otrzymać bez uciekania się do całkowania przybliżonego, zastosowano dla tego przypadku rozbić obszar rażenia na prostokątne "paski", dzięki czemu można wyrazić funkcję strat obiektu powierzchniowego jako sumę strat od poszczególnych "pasków" obszaru rażenia. Takie rozumowanie pozwala wykorzystać rezultaty rozważań przeprowadzone dla obiektu liniowego, ponieważ z matematycznego punktu widzenia uzyskuje się rozdzielenie zmiennych wzdłuż poszczególnych osi układu.



Rys.2.3.3.1. Rozbicie obszaru rażenia na prostokątne "paski"

Zastępując funkcję gęstości strat paskami w obszarze różnym od zera, otrzymuje się wzór na cząstkową funkcję gęstości strat w następującej postaci:

$$g_{si}(x, y, x_e, y_e) = \begin{cases} k & \text{dla } |x| \leq a_i ; y_{i-1} < y < y_i \\ 0 & \text{dla pozostałych wartości} \end{cases} \quad /2.3.3.3/$$

gdzie:  $y_i = y_e - \left(a + \frac{h}{2}\right) + ih = y_e - a \left(1 + \frac{1}{n}\right) + ih$

$$a_i^2 = a^2 - (y_i - y_e)^2$$

$$h = \frac{2a}{n}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$n$  - liczba prostokątnych "pasków" /w zastosowaniach praktycznych wystarczy przyjąć  $n=20$ /.

Tak zapisana cząstkowa funkcja gęstości strat, dzięki rozdzielaniu zmiennych, pozwala przeprowadzić niezależne całkowanie wzdłuż osi  $x$  i  $y$ . Stąd przyjmując rozrzut według rozkładu normalnego dla punktów eksplozji, otrzymuje się bezwarunkową funkcję strat obiektu w postaci sumy iloczynów cząstkowych funkcji strat od poszczególnych "pasków" rażenia:

$$G_{PR} = k \cdot \sum_{i=1}^n G_{x_i} \cdot G_{y_i} \quad /2.3.3.4/$$

gdzie:  $G_{x_i}$  - funkcja strat dla obiektu liniowego o długości  $2d$ , od wybuchu o promieniu rażenia  $a_i$  i o współrzędnej celowania  $x_c$  ;

$G_{y_i}$  - funkcja strat dla obiektu liniowego o szerokości  $2b$ , od wybuchu o promieniu rażenia równym  $\frac{b}{2}$  i o współrzędnej celowania  $y_i$ .

Oznacza się funkcję strat dla obiektu liniowego przez:

$$G_L(d, a, x_c, \sigma) = \frac{1}{k} \cdot G \quad /2.3.3.5/$$

gdzie:  $d$  - połowa długości obiektu liniowego;

$a$  - promień rażenia wybuchu;

$x_c$  - współrzędna punktu celowania;

$k$  - prawdopodobieństwo rażenia wartości obiektu w odległości nie większej od promienia  $a$ ;

$\sigma$  - odchylenie standardowe;

$G$  - funkcja strat dla obiektu liniowego, wzór /2.3.2.8/ lub /2.3.2.10/.

Funkcja  $G_L(d, a, x_c, \sigma)$  oznacza funkcję strat dla obiektu liniowego dla  $k=1$ . Wykorzystując oznaczenie /2.3.3.5/ funkcje  $G_{x_i}$  oraz  $G_{y_i}$  można zapisać następująco:

$$\left. \begin{aligned} G_{x_i} &= G_L(d, a_i, x_c, \sigma_x) \\ G_{y_i} &= G_L(b, \frac{h}{2}, y_i, \sigma_y) \end{aligned} \right\} \quad /2.3.3.6/$$

Wykorzystując wzory /2.3.3.6/, /2.3.3.5/ oraz /2.3.2.8/ lub /2.3.2.10/ można w postaci jawnej wyrazić wzór /2.3.3.3/ tzn. wzór na funkcję strat obiektu powierzchniowego dla równomiernie rozłożonej wartości obiektu. Świadomie pomija się na tym etapie sposób wyznaczania parametru  $\sigma_x$  i  $\sigma_y$  dla rozkładu punktów eksplozji.

#### 2.3.4. Funkcja strat obiektu liniowego o nierównomiernie rozłożonej wartości

Dany jest obiekt liniowy, którego wartość rozłożona jest według funkcji zgodnej z rozkładem normalnym tzn. funkcja gęstości wartości obiektu jest następująca:

$$g_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma_0}\right)^2\right] \quad /2.3.4.1/$$

gdzie:  $\sigma_0$  - odchylenie standardowe, którego sens fizyczny będzie przedstawiony w dalszej części.

Funkcja gęstości strat obiektu tzn. prawdopodobieństwo rażenia obiektu pod warunkiem wybuchu pocisku w punkcie o współrzędnej  $x_e$  jest następująca:

$$g_s(x, x_e) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x_e - a \leq x \leq x_e + a \\ \exp\{-k[(x-x_e)^2 - a^2]\} & \text{dla pozostałych } x \end{cases} \quad /2.3.4.2/$$

gdzie;  $x_e$  - współrzędna punktu eksplozji;

$a$  - promień strefy całkowitego rażenia;

$k$  - współczynnik określający spadek prawdopodobieństwa rażenia za strefą całkowitego rażenia

/sposób obliczania będzie podany w rozdziale 3/. Rozkład punktów eksplozji zadany wzorem /2.3.2.7/ - rozkład normalny. Podstawiając funkcje /2.3.4.1/ i /2.3.4.2/ do wzoru /2.3.1.2/ otrzymuje się wyrażenie na warunkową funkcję strat obiektu /pomocniczo do zapisu wykorzystuje się funkcję Heaviside'a/. Następnie tak otrzymane wyrażenie na warunkową funkcję strat podstawia się do wzoru /2.3.1.3/ wraz z funkcją /2.3.2.7/. Po obliczeniu wielu całek otrzymuje się następujące wyrażenie na bezwarunkową funkcję strat obiektu liniowego /dla odróżnienia od funkcji dla obiektu z równomiernie rozłożoną wartością oznaczam przez  $G_N$ /

$$G_N(\sigma_0, a, k, x_c, \sigma) = F_0(t_1) - F_0(t_2) + \\ + \frac{1}{k_1} \exp\left[k\left(a^2 - \frac{x_c^2}{k_1^2}\right)\right] \left[1 + F_0(z_1) - F_0(z_2)\right] \quad /2.3.4.3/$$

gdzie:  $t_1 = \frac{x_c + a}{\sigma_1}$  ;  $t_2 = \frac{x_c - a}{\sigma_1}$  ;

$$z_1 = \frac{k_1}{\sigma_1} \left(\frac{x_c}{k_1^2} - a\right) ; z_2 = \frac{k_1}{\sigma_1} \left(\frac{x_c}{k_1^2} + a\right) ;$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma^2} \quad ; \quad k_1 = \sqrt{1 + 2k\sigma_1^2} ;$$

$\sigma_0, \sigma, k, a$  - jak we wzorach /2.3.4.1/ i /2.3.4.2/;

$x_c$  - współrzędna punktu celowania.

Podstawiając zależności /2.3.2.9/ do wzoru /2.3.4.9/ otrzymuje się po niewielkich przekształceniach wyrażenie na bezwarunkową funkcję strat obiektu zapisaną przy pomocy funkcji Laplace'a :

$$G_N(\sigma_0, a, k, x_c, \sigma) = \frac{1}{2} \Phi(u_1) - \frac{1}{2} \Phi(u_2) + \\ + \frac{1}{k_1} \exp\left[k\left(a^2 - \frac{x_c^2}{k_1^2}\right)\right] \left[1 + \frac{1}{2} \Phi(v_1) - \frac{1}{2} \Phi(v_2)\right] \quad /2.3.4.4/$$

$$\text{gdzie: } u_1 = \frac{t_1}{\sqrt{2}} ; \quad u_2 = \frac{t_2}{\sqrt{2}} ;$$

$$v_1 = \frac{z_1}{\sqrt{2}} ; \quad v_2 = \frac{z_2}{\sqrt{2}} ;$$

$t_1, t_2, z_1, z_2, \sigma_1, k_1, x_c$  - jak we wzorze /2.3.4.3/

### 2.3.5. Funkcja strat obiektu powierzchniowego o nierównomiernie rozłożonej wartości

Dany jest obiekt powierzchniowy o następującej funkcji gęstości wartości obiektu:

$$g_o(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_{ox}\sigma_{oy}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{x}{\sigma_{ox}} \right)^2 + \left( \frac{y}{\sigma_{oy}} \right)^2 \right] \right\} \quad /2.3.5.1/$$

gdzie:  $\sigma_{ox}, \sigma_{oy}$  - odchylenia standardowe, których sens fizyczny będzie przedstawiony w dalszej części.

Funkcja gęstości strat obiektu /funkcja rażenia obiektu/ jest następującej postaci:

$$g_s(x,y,x_e,y_e) = \begin{cases} 1 & \text{dla } (x-x_e)^2 + (y-y_e)^2 \leq a^2 \quad /2.3.5.2/ \\ \exp \left\{ -k \left[ (x-x_e)^2 + (y-y_e)^2 - a^2 \right] \right\} & \text{dla pozostałych wartości} \end{cases}$$

gdzie:  $x_e, y_e$  - współrzędne punktu eksplozji pocisku;

$a$  - promień strefy całkowitego rażenia;

$k$  - współczynnik, którego sposób obliczania będzie podany w rozdziale 3.

Zakłada się, że rozrzut punktów eksplozji względem punktu celowania jest charakteru normalnego /jak dla poprzedniego przypadku podlega rozkładowi normalnemu o równoległych osiach

rozrzutu do osi obiektu/:

$$f(x_e, y_e) = \frac{1}{2\pi \sigma_x \sigma_y} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{x_e - x_c}{\sigma_x} \right)^2 + \left( \frac{y_e - y_c}{\sigma_y} \right)^2 \right] \right\} / 2.3.5.3/$$

gdzie:  $x_c, y_c$  - współrzędne punktu celowania;

$\sigma_x, \sigma_y$  - odchylenie standardowe rozrzutu.

W ogólnym przypadku warunkowa funkcja strat dla obiektu powierzchniowego wyraża się przy pomocy wzoru całkowego następująco:

$$G_w(x_e, y_e) = \iint_{-\infty}^{+\infty} g_o(x, y) g_s(x, y, x_e, y_e) dx dy \quad / 2.3.5.4/$$

Bezwarunkowa funkcja strat obiektu powierzchniowego lub wartość oczekiwana strat w przypadku ogólnym wyraża się następująco:

$$G = \iint_{-\infty}^{+\infty} G_w(x_e, y_e) f(x_e, y_e) dx_e dy_e \quad / 2.3.5.5/$$

Znalezienie postaci bezwarunkowej funkcji strat obiektu powierzchniowego, opisanego powyższymi zależnościami, jest niemożliwe bez zastosowania podejścia przybliżonego ze względu na zmienność granic całkowania /zmienne są zależne/. Wzór na wartość oczekiwaną strat takiego obiektu można wyznaczyć jako sumę funkcji od dwóch funkcji gęstości strat określonych na dwóch obszarach:

$$D_1 = \{(x, y) \in |y - y_e| \geq a ; -\infty < x < \infty\}$$

$$D_2 = \{(x, y) \in |y - y_e| \leq a ; -\infty < x < \infty\}$$

W obszarze  $D_1$  funkcja gęstości strat obiektu będzie miała następującą postać:

$$g_{s1}(x, y, x_e, y_e) = \exp \left\{ -k \left[ (x - x_e)^2 + (y - y_e)^2 - a^2 \right] \right\} \quad / 2.3.5.6/$$

W obszarze  $D_1$  całkowanie jest dokładne /nie ma potrzeby rozbijania obszaru na mniejsze podobszary/ i wzór na bezwarunkową funkcję strat jest następującej postaci:

$$G_1 = \frac{1}{k_x k_y} \exp\left[k\left(a^2 - \frac{x_c^2}{k_x^2} - \frac{y_c^2}{k_y^2}\right)\right] [1 + F_0(z_{y1}) - F_0(z_{y2})] \quad /2.3.5.6/$$

gdzie:  $z_{y1} = \frac{1}{\sigma_{1y}} \left(\frac{y_c}{k_y} - k_y a\right)$  ;  $z_{y2} = \frac{1}{\sigma_{1y}} \left(\frac{y_c}{k_y} + k_y a\right)$  ;

$$k_y^2 = 1 + 2k \sigma_{1y}^2 ; \sigma_{oy}^2 + \sigma_y^2 = \sigma_{1y}^2 ;$$

$$k_x^2 = 1 + 2k \sigma_{1x}^2 ; \sigma_{1x}^2 = \sigma_{ox}^2 + \sigma_x^2 ;$$

$x_c, y_c$  - współrzędne punktu celowania.

W obszarze  $D_2$  funkcja gęstości strat musi być podzielona na prostokątne "paski" równoległe do osi  $x$  i w ten sposób wartość jej w przedziale  $\langle y_{i-1}; y_i \rangle$  będzie niezależna od  $y$ :

$$g_{s2i}(x, x_e, y_e) = \begin{cases} 1 & \text{dla } |x| \leq a_i \\ \exp\left\{-k\left[(x-x_e)^2 - a_i^2\right]\right\} & \text{dla } x > a_i \end{cases} \quad /2.3.5.7/$$

gdzie:  $a_i^2 = a^2 - (y_i - y_e)^2 = a^2 - (ih)^2$  ;

$$y_i = y_e \pm ih ; h = \frac{a}{m} ;$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Współrzędna  $y_i$  jest liczona od punktu  $y_e$  /w jedną i w drugą stronę/, ponieważ część zależna od współrzędnej  $x$  we wzorze na funkcję strat od obszaru  $D_2$  jest symetryczna względem tego punktu. Wzór na bezwarunkową funkcję strat od tego obszaru jest następującej postaci:

$$G_2 = \sum_{i=1}^m \left\{ F_0(t_{1i}) - F_0(t_{2i}) + \frac{1}{k_x} \exp\left[k\left(a_i^2 - \frac{x_c^2}{k_x^2}\right)\right] * \right. \\ \left. * [1 + F_0(z_{1i}) - F_0(z_{2i})] \right\} \left[ F_0\left(\frac{y_c + c_i}{\sigma_{1y}}\right) - F_0\left(\frac{y_c - c_i - 1}{\sigma_{1y}}\right) + \right. \\ \left. - F_0\left(\frac{y_c - c_i}{\sigma_{1y}}\right) + F_0\left(\frac{y_c - c_i - 1}{\sigma_{1y}}\right) \right] \quad /2.3.5.7/$$

gdzie:  $t_{1i} = \frac{x_c + a_i}{\sigma_{1x}}$  ;  $t_{2i} = \frac{x_c - a_i}{\sigma_{1x}}$

$$z_{1i} = \frac{1}{\sigma_{1x}} \left( \frac{x_c}{k_x} - k_x a_i \right) ; z_{2i} = \frac{1}{\sigma_{1x}} \left( \frac{x_c}{k_x} + k_x a_i \right) ;$$

$$c_i = ih ; h = \frac{a}{m} ;$$

$$a_1^2 = a^2 - c_1^2 = (a+c_1)(a-c_1) ;$$

$k_x, \sigma_{1x}, \sigma_{1y}, x_c, y_c$  - jak we wzorze /2.3.5.6/

Bezwarunkowa funkcja strat obiektu powierzchniowego o nierównomiernie rozłożonej wartości zadanej wzorem /2.3.5.1/ od funkcji gęstości strat zadanej wzorem /2.3.5.2/ i o rozrzucie normalnym punktów eksplozji wyraża się sumą dwóch funkcji

$$G_{PN} = G_1 + G_2 \quad /2.3.5.8/$$

gdzie:  $G_1$  - funkcja zadana wzorem /2.3.5.6/;

$G_2$  - funkcja zadana wzorem /2.3.5.7/.

### 2.3.6. Opis hipotetycznego ugrupowania oddziału

Definicja: Poprzez hipotetyczne ugrupowanie oddziału należy rozumieć takie rozmieszczenie elementów tego oddziału /pododdziałów lub elementów ugrupowania bojowego/ - zadanych w lokalnym układzie współrzędnych /związanym z tym oddziałem/ - które jest zbliżone do ugrupowania bojowego tego oddziału np. ugrupowanie pułku zmechanizowanego w obronie.

Założenia:

1. Elementy oddziału zadawane są przy pomocy linii prostej lub prostokąta wraz z charakterystykami;

2. Położenie elementów oddziału jest opisane trójką liczb tzn. współrzędnymi środka elementu i kątem nachylenia do jednej z osi lokalnego układu;
3. Niektóre z elementów oddziału mogą być dzielone na struktury dwu-, trzy- lub czteroelementowe np. bataliony na kompanie /liczba elementów tej struktury i wymiary elementu podane są w charakterystykach/;
4. Sposób wyznaczania położenia centrów elementów struktury pododdziału /np. batalionu/ jest następujący:

$$x_{ij} = x_c + w_{ij} \cdot \Delta G ; y_{ij} = y_c + z_{ij} \cdot \Delta S \quad /2.3.6.1/$$

gdzie:  $x_c, y_c$  - współrzędne centrum pododdziału;

$S, G$  - szerokość i głębokość ugrupowania pododdziału;

$s, g$  - szerokość i głębokość ugrupowania elementu pododdziału /traktuje się, że wszystkie elementy struktury pododdziału są jednakowe/;

$$\Delta G = (G-g)/2 ; \Delta S = (S-s)/2 ;$$

$i$  - numer elementu struktury pododdziału /elementy ponumerowano umownie/;

$j$  - liczba elementów struktury pododdziału;

$$j = 1, 2, 3, 4 ; i = 1, 2, \dots, j ;$$

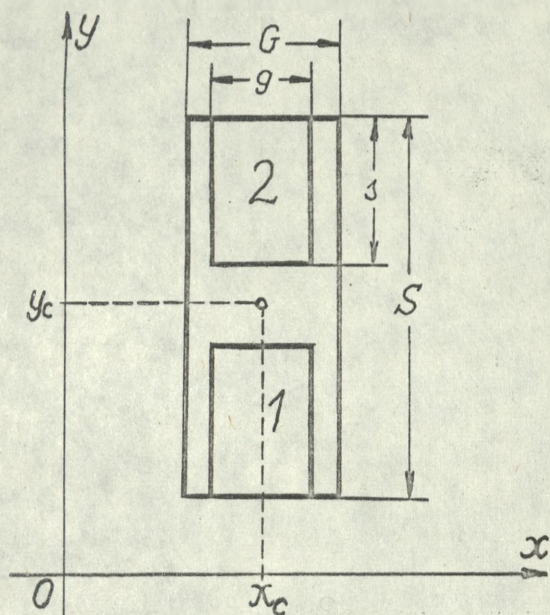
$w_{ij}, z_{ij}$  - elementy następujących macierzy:

$$[w_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [z_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Oznacza to, że wzory /2.3.6.1/ wyznaczają położenie centrów elementów pododdziałów, złożonych z różnej liczby elementów.

Struktury pododdziałów mogą być następujące:

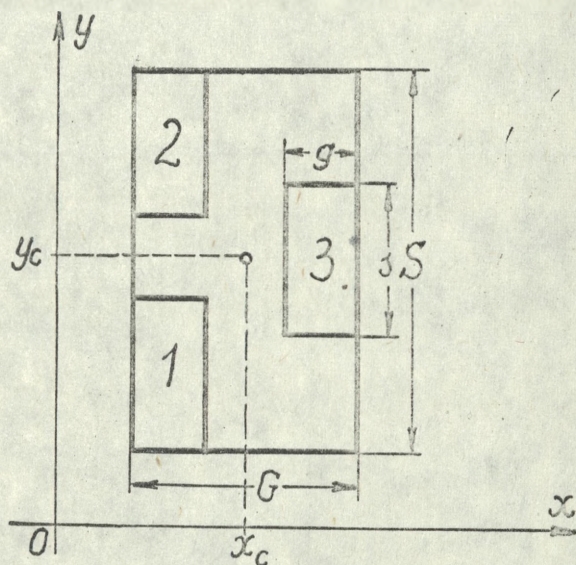
1/ przy dwóch elementach w pododdziale



$$x_{12} = x_c ; y_{12} = y_c - \Delta S$$

$$x_{22} = x_c ; y_{22} = y_c + \Delta S$$

2/ przy trzech elementach w pododdziale

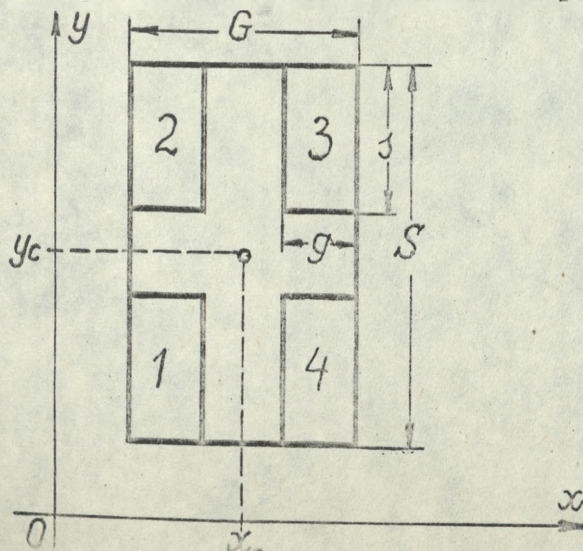


$$x_{13} = x_c - \Delta G ; y_{13} = y_c - \Delta S$$

$$x_{23} = x_c - \Delta G ; y_{23} = y_c + \Delta S$$

$$x_{33} = x_c + \Delta G ; y_{33} = y_c$$

3/ przy czterech elementach w pododdziale



$$x_{14} = x_c - \Delta G ; y_{14} = y_c - \Delta S$$

$$x_{24} = x_c - \Delta G ; y_{24} = y_c + \Delta S$$

$$x_{34} = x_c + \Delta G ; y_{34} = y_c + \Delta S$$

$$x_{44} = x_c + \Delta G ; y_{44} = y_c - \Delta S$$

### Sposób zapisu danych o hipotetycznych ugrupowaniach oddziałów:

Traktując elementy ugrupowania oddziału, jako przewidywane obiekty urządzeń jądrowych, zapisuje się ich położenia w ramach hipotetycznych struktur oddziału. Dane o położeniu elementów w tych strukturach zapisuje się w jednym zbiorze, natomiast dane zawierające charakterystyki elementów w drugim zbiorze. Rozbicie informacji na dwa zbiory podyktowane jest potrzebą jej minimalizacji, bowiem w ten sposób unika się powtarzania zapisu charakterystyk elementów tego samego typu, powtarza się natomiast tylko ich identyfikatory. Identyfikatory spełniają rolę łączników pomiędzy zbiorami, oznacza to, że po odszukaniu w jednym zbiorze położenia elementu, odczytuje się jego identyfikator, a następnie na podstawie tego identyfikatora odczytuje się jego charakterystyki zapisane w drugim zbiorze.

#### 2.3.7. Obliczanie wielkości odchylenia standardowego $\sigma$ dla rozrzutu punktów eksplozji

Wcześniej zaznaczono, że sposób określania parametru dla rozkładu normalnego będzie podany w dalszej części pracy. Aktualnie przedstawiony będzie sposób dojścia do obliczenia odchylenia standardowego na przykładzie jednowymiarowego rozrzutu. Zakłada się, że dany jest współczynnik rozpoznania położenia obiektu i że długość jego jest znana. Odchylenie standardowe dla rozrzutu miejsca wybuchu względem środka obiektu w przybliżeniu można określić przyjmując, że prawdopodobieństwo znalezienia się miejsca wybuchu w granicach obiektu jest równe współczynnikowi rozpoznania położenia

obiektu. To założenie nie koliduje z zasadą maksymalizacji jaką stosuje się przy obliczaniu strat wojsk własnych przyjmując do obliczeń, że obiekt jest całkowicie rozpoznany i epicentrum wybuchu pokrywa się ze środkiem obiektu. Wprowadza się następujące oznaczenia:

$P_w$  - współczynnik rozpoznania położenia obiektu;

$d$  - połowa długości obiektu.

Mając na uwadze powyższe ustalenia oraz oznaczenia można napisać następującą zależność:

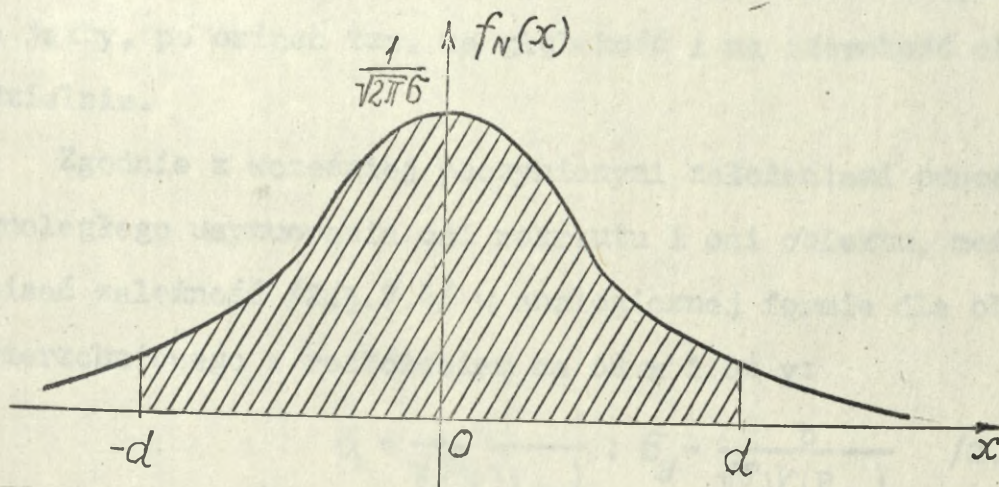
$$P_w = \int_{-d}^{+d} f_N(x) dx \quad /2.3.7.1/$$

gdzie:  $f_N(x)$  - funkcja gęstości rozkładu normalnego o postaci:

$$f_N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x}{\sigma} \right)^2 \right] \quad /2.3.7.2/$$

$\sigma$  - odchylenie standardowe.

Zależność /2.3.7.1/ można zinterpretować następująco: epicentrum wybuchu znajdzie się na odcinku  $\langle -d, d \rangle$  z prawdopodobieństwem równym  $P_w$ , co można zaznaczyć schematycznie na poniższym rysunku



Pole zakreskowane pod krzywą gęstości rozkładu równe jest współczynnikowi rozpoznania.

Uwzględniając symetrię funkcji podcałkowej oraz stosując podstawienie:

$$z = \frac{x}{\sqrt{2}\sigma} ; dx = \sqrt{2}\sigma dz ;$$

zależność /2.3.7.1/ można przedstawić w następującej postaci:

$$\begin{aligned} P_w &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^{z_1} \exp[-z^2] \sqrt{2}\sigma dz = \\ &= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{z_1} \exp[-z^2] dz = \Phi(z_1) \end{aligned} \quad /2.3.7.3/$$

gdzie:  $z_1 = \frac{d}{\sqrt{2}\sigma} ;$

$\Phi(z_1)$  - funkcja Laplace'a /patrz wzór /2.3.2.9//.

Przekształcając zależność /2.3.7.3/ odchylenie standardowe  $\sigma$  można wyrazić następującym wzorem:

$$\sigma = \frac{d}{\sqrt{2}\Psi(P_w)} \quad /2.3.7.4/$$

gdzie:  $\Psi(P_w) = \Phi^{-1}(P_w)$  - jest funkcją odwrotną do funkcji Laplace'a;

$P_w$  - współczynnik rozpoznania obiektu;

$d$  - pożądana długości obiektu.

Dla obiektu powierzchniowego rozumowanie można przeprowadzić analogicznie, rozdzielając współczynnik rozpoznania jakoby, po osiach tzn. na głębokość i na szerokość obiektu oddzielnie.

Zgodnie z wcześniej poczynionymi założeniami odnośnie równoległego usytuowania osi rozrzutu i osi obiektu, można napisać zależność /2.3.7.4/ w analogicznej formie dla obiektu powierzchniowego z rozłożeniem na oś  $x$  i oś  $y$ :

$$\sigma_x = \frac{d}{\sqrt{2}\Psi(P_{wx})} ; \sigma_y = \frac{b}{\sqrt{2}\Psi(P_{wy})} \quad /2.3.7.5/$$

gdzie:  $d$  - połowa głębokości obiektu;

$b$  - połowa szerokości obiektu;

$P_{wx}, P_{wy}$  - współczynnik rozpoznania obiektu dla głębokości i szerokości.

Przyjmując, że współczynniki rozpoznania wzdłuż osi  $x$  i  $y$  są jednakowe, otrzymuje się następujący związek pomiędzy tymi współczynnikami, a współczynnikiem rozpoznania obiektu powierzchniowego:

$$P_{wx} = P_{wy} = \sqrt{P_w} \quad /2.3.7.6/$$

Analogicznie rozumując można określić wielkości  $\sigma_{ox}$  oraz  $\sigma_{oy}$  dla obiektu o nierównomiernie rozłożonej wartości. Dla tego przypadku rolę współczynnika rozpoznania obiektu będzie spełniał współczynnik określający prawdopodobieństwo znalezienia się wartości obiektu w granicach normatywnych. Stąd wzory dla określenia  $\sigma_{ox}$  i  $\sigma_{oy}$  będąc analogiczne do wzoru /2.3.7.5/:

$$\sigma_{ox} = \frac{d}{\sqrt{2} \Psi(P_{ox})}; \quad \sigma_{oy} = \frac{b}{\sqrt{2} \Psi(P_{oy})} \quad /2.3.7.7/$$

gdzie:  $P_{ox}, P_{oy}$  - współczynniki określające prawdopodobieństwo znalezienia się wartości obiektu wzdłuż osi  $x$  i  $y$ .

Przyjmując podobne założenia jak we wzorze /2.3.7.6/ analogiczny wzór będzie postaci:

$$P_{ox} = P_{oy} = \sqrt{P_o} \quad /2.3.7.8/$$

gdzie:  $P_o$  - prawdopodobieństwo znalezienia się wartości obiektu w granicach normatywnych /współczynnik wartości obiektu/.

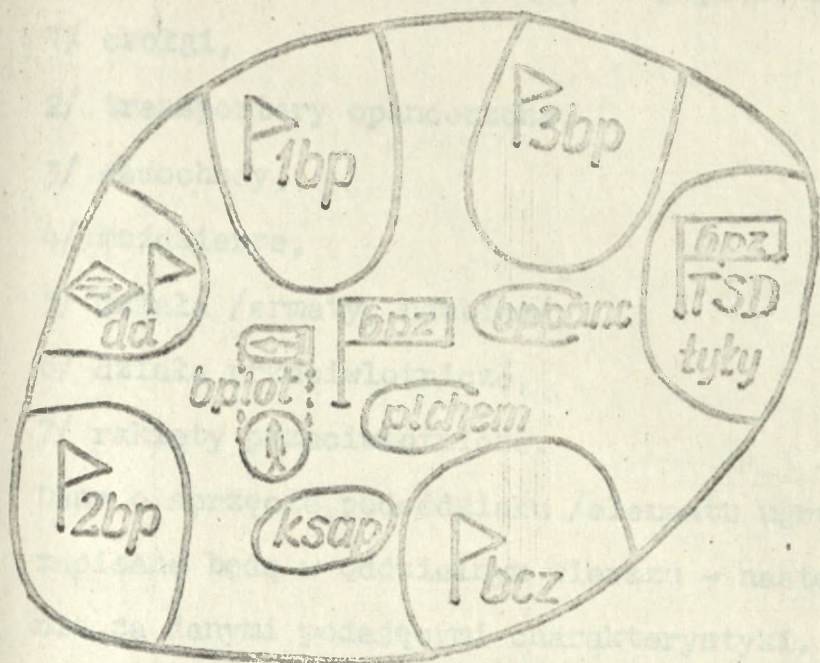
### 2.3.8. Przykładowy zapis hipotetycznego ugrupowania pułku zmechanizowanego

Zapis hipotetycznego ugrupowania odbywa się w dwóch etapach:

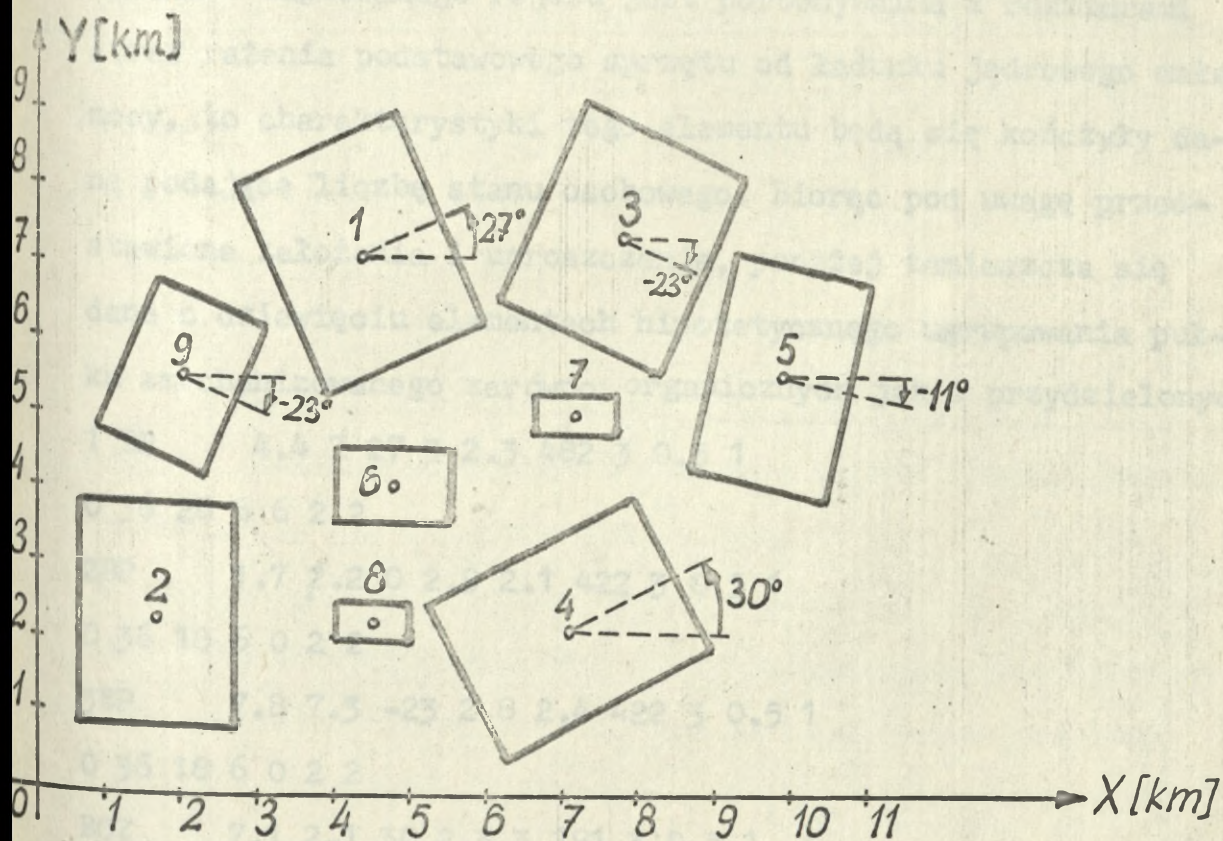
- 1/ narysowanie wariantu ugrupowania oddziału usytuowanego w lokalnym układzie współrzędnych prostokątnych /w jednym z rodzajów działań bojowych/;
- 2/ zapis położenia pododdziałów /elementów ugrupowania bojowego/ i niektórych ich charakterystyk przy pomocy:
  - identyfikatora pododdziału,
  - współrzędnych środka rejonu,
  - kąta obrotu rejonu, aproksymowanego prostokątem, względem osi x lokalnego układu współrzędnych,
  - szerokości i głębokości ugrupowania bojowego lub rejonu pododdziału,
  - liczby stanu osobowego pododdziału,
  - liczby równoważnych elementów jeżeli pododdział jest dzielony,
  - szerokości i głębokości elementu pododdziału,
  - danych o wybranym sprzęcie techniczno-bojowym pododdziału lub danych o jego ukończeniu.

Dla przykładu rozpatrzony będzie 6 pz znajdujący się w rejonie ześrodkowania wzmocniony dywizjonem artylerii.

W celu wyjaśnienia sposobu zdejmowania danych o hipotetycznym ugrupowaniu pułku wykonano dwa szkice - jeden przedstawia wariant taktyczny ugrupowania pułku a drugi jego przybliżenie prostokątnymi rejonami. Na drugim rysunku element oznaczony numerem sześć określa rejon stanowiska dowodzenia wraz z baterią przeciwlotniczą i plutonem chemicznym. Przy poda-



Rys.2.3.1 Ugrupowanie pułku zmechanizowanego w rejonie ześrodkowania (wariant).



Rys.2.3.2 Hipotetyczne ugrupowanie pułku zmechanizowanego w rejonie ześrodkowania.

waniu danych o sprzęcie będą uwzględnione następujące typy:

- 1/ czołgi,
- 2/ transportery opancerzone,
- 3/ samochody,
- 4/ moździerze,
- 5/ działa /armaty, haubice/,
- 6/ działa przeciwlotnicze,
- 7/ rakiety przeciwlotnicze.

Dane o sprzęcie pododdziału /elementu ugrupowania oddziału/ zapisane będą w oddzielnym wierszu - następującym bezpośrednio za danymi podającymi charakterystyki. Wiersz z charakterystykami będzie zawierał zmienną liczbę danych. Dla elementu ugrupowania bojowego, który z punktu widzenia oceny strat w rejonach wybuchów jądrowych, jest niecelowym dzielić tzn. wielkość zajmowanego rejonu jest porównywalna z rozmiarami stref rażenia podstawowego sprzętu od ładunku jądrowego małej mocy, to charakterystyki tego elementu będą się kończyły daną podającą liczbę stanu osobowego. Biorąc pod uwagę przedstawione założenia i uproszczenia, poniżej zamieszcza się dane o dziewięciu elementach hipotetycznego ugrupowania pułku zmechanizowanego zarówno organicznych jak i przydzielonych.

1 BP      4.4 7 27 3 2.3 482 3 0.5 1

0 36 26 6 6 2 2

2BP      1.7 2.2 0 2.9 2.1 422 3 0.5 1

0 36 18 6 0 2 2

3BP      7.8 7.3 -23 2.8 2.4 422 3 0.5 1

0 36 18 6 0 2 2

BCZ      7.1 2.1 30 2.3 3 191 3 0.5 1

40 0 7 0 0 0 0

TYLY 9.8 5.5 -11 3 2 190  
0 0 80 0 0 0 0  
SD 4.7 4 0 1 1.5 200  
0 11 32 0 0 6 0  
BPPANC 7.2 5 0 0.5 1 36  
0 9 7 0 0 0 0  
KSAP 4.5 2.25 0 0.5 1 68  
0 4 17 0 0 0 0  
DA 2 5.5 -23 2.1 1.6 241 3 0.7 0.7  
0 2 42 0 18 0 0

W powyższych danych identyfikatory elementów hipotetycznego ugrupowania pułku nie są w pełni zgodne ze skrótami taktycznymi ze względu na brak możliwości takiego odwzorowania na aktualnie dostępnych urządzeniach peryferyjnych komputerów. Ponadto w programie wykorzystywanym do obliczeń strat z zastosowaniem powyższych modeli uwzględnia się stopień ochrony stanu osobowego przez sprzęt oraz inne rodzaje ukryć.

#### 2.4. Krótkie podsumowanie i wnioski

W rozdziale przedstawiono modele matematyczne wyróżnionych obiektów armijnych o nierównomiernym rozmieszczeniu wartości. Są to następujące typy modeli:

- 1/ efektywnych powierzchni - dwustopniowy i jednostopniowy;
- 2/ hipotetycznych ugrupowań - z równomiernie i nierównomiernie rozmieszczoną wartością na powierzchni opłacalnego obiektu uderzenia jądrowego.

Miarą strat dla pierwszego typu modeli jest stopień rażenia powierzchni efektywnej, natomiast dla drugiego - wartość -

oczekiwana strat. Metodologia stosowana do opisu modeli efektywnych powierzchni jest oryginalną, opracowaną samodzielnie przez autora i z powodzeniem stosowaną w zadaniach użytkowych takich jak [16], [22], [23], [39], [24] - w innych tematach również, co nie zawsze znajduje odzwierciedlenie w spisie literatury przedmiotu. W przypadku modelu hipotetycznych ugrupowań metodologia została zaczerpnięta z pracy [28] - również stosowano ją w pracy [9].

Analiza przedstawionych modeli pozwala na dokonanie następujących uogólnień:

- 1/ modele obydwu typów mogą być stosowane w obliczeniach przeprowadzonych dla potrzeb armijnych jak i dywizyjnych organów dowodzenia;
- 2/ modele efektywnych powierzchni stawiają ich użytkownikom małe wymagania w zakresie informacyjnego zabezpieczenia;
- 3/ modele hipotetycznych ugrupowań zapewniają stosunkowo wysoką dokładność odwzorowania sytuacji taktycznej, a zatem i dużą dokładność uzyskiwanych wyników;
- 4/ modele hipotetycznych ugrupowań dają możliwość wariantowania wyników zarówno ze względu na zmiany ugrupowania, jak też ze względu na stopień rozpoznania położenia wybuchu;
- 5/ modele hipotetycznych ugrupowań mają stosunkowo duże wymagania w zakresie informacyjnego zabezpieczenia.

Na bazie dokonanych uogólnień można wyciągnąć następujące wnioski odnośnie zastosowań przedstawionych modeli:

- 1/ ze względu na możliwość informacyjnego zabezpieczenia na określonym szczeblu dowodzenia zaleca się stosować w pierwszej kolejności
  - a/ na szczeblu armii - modele efektywnych powierzchni,

- b/ na szczeblu związku taktycznego - modele hipotetycznych ugrupowań;
- 2/ ze względu na stosunkowo wysoką dokładność odwzorowania sytuacji taktycznej, celowym jest stosowanie modeli hipotetycznych ugrupowań do obliczania strat w przypadku
  - a/ dysponowania w miarę dokładnymi danymi o usytuowaniu obiektu względem wybuchu jądrowego,
  - b/ dysponowania większymi od przeciętnych zasobami czasowymi na wykonanie prognozy;
- 3/ modele hipotetycznych ugrupowań mogą być podstawą do weryfikowania poprawności modeli efektywnych powierzchni.

Ponadto łatwo zauważyć, że przy pomocy modeli hipotetycznych ugrupowań można dokonywać analizy wpływu sytuacji taktycznej na wielkość poniesionych strat od uderzeń bronią jądrową. Dodatkowo, metody stosowane w modelach hipotetycznych ugrupowań można wykorzystać do określania strat wojsk przeciwnika po wykonaniu własnych uderzeń jądrowych. Ta możliwość dawałaby podstawy do ujednoczenia metodyki komputerowej oceny strat wojsk po uderzeniach bronią jądrową.

## Rozdział 3

### Probabilistyczny model rażenia. Założenia i możliwości stosowania

#### 3.1. Krótka charakterystyka rażącego działania broni jądrowej

Zasadniczymi elementami obiektów - ulegającymi porażeniu /uszkodzeniu lub zniszczeniu/ w wyniku wykonania uderzeń jądrowych - są ludzie, uzbrojenie, sprzęt bojowy i różnego rodzaju budowle.

Stopień uszkodzenia i zniszczenia /stan porażenia / elementów obiektu zależy przede wszystkim od mocy i rodzaju wybuchu, odległości od epicentrum /centrum/ wybuchu, odporności na działanie czynników rażenia, jak również od warunków meteorologicznych, pokrycia terenu i charakteru ukształtowania terenu.

Rażące działanie wybuchu jądrowego na różne obiekty i ich elementy ocenia się na podstawie promieni stref utraty właściwości użytkowych i bojowych. Przyjmuje się, że w granicach tych stref elementy obiektów są uszkodzone /porażone / w takim stopniu, że nie będą się nadawały do dalszego wykorzystania zgodnie z ich przeznaczeniem.

Utratę zdolności bojowej żołnierzy, spowodowaną działaniem fali uderzeniowej i promieniowania cieplnego przyjęto określać porażeniami lekkimi, a spowodowaną promieniowaniem przenikliwym - porażeniami średnimi, wymagającymi leczenia na punktach medycznych i w pododdziałach. W większości wypadków utrata zdolności bojowej następuje w wyniku porażen kombinowanych /powstają równocześnie zranienia, oparzenia i choroba

popromienna/.

Utrata właściwości użytkowych i bojowych uzbrojenia, sprzętu i budowli spowodowana jest przede wszystkim mechanicznym działaniem wybuchu jądrowego /powietrznej oraz podwodnej fali uderzeniowej, fal sejsmicznych, fal grawitacyjnych itp./ i następuje przy:

- średnim uszkodzeniu uzbrojenia i sprzętu bojowego za wyjątkiem rakiet, samolotów i śmigłowców;
- średnim zniszczeniu urządzeń fortyfikacyjnych, budowli przemysłowych i budynków mieszkalnych za wyjątkiem budowli przemysłowych o ciężkiej metalowej lub żelbetowej konstrukcji oraz torów kolejowych;
- małym uszkodzeniu rakiet, samolotów i śmigłowców;
- dużym zniszczeniu budowli przemysłowych o ciężkiej metalowej lub żelbetowej konstrukcji.

W zależności od celu zastosowania broni jądrowej, rodzaju rażonych obiektów i miejsca ich rozmieszczenia, a także innych warunków, mogą być wykonane naziemne, powietrzne /niskie, wysokie/, podziemne, podwodne i nawodne wybuchy jądrowe. Ze względu na ograniczony problemowy zakres pracy, autor scharakteryzuje szczegółowiej tylko naziemne i powietrzne wybuchy jądrowe. O tym jakiego rodzaju jest wybuch jądrowy decyduje wysokość wykonania wybuchu. Do naziemnych wybuchów jądrowych zalicza się wybuchy wykonane na wysokości mniejszej lub równej  $3,5 \sqrt[3]{q}$  [m] gdzie  $q$  - moc wybuchu w tonach. Do powietrznych wybuchów jądrowych zalicza się wybuchy wykonane na wysokości większej od  $3,5 \sqrt[3]{q}$ , lecz nie wyżej od 10 km. Powietrzne wybuchy dzieli się na niskie i wysokie, a granica podziału równa jest  $10 \sqrt[3]{q}$ . Do ob-

liczeń rażącego działania wybuchów jądrowych za wysokość niskiego wybuchu powietrznego przyjmuje się wysokość  $7 \sqrt[3]{q}$ , wysokiego  $12 \sqrt[3]{q}$  lub  $20 \sqrt[3]{q}$  /w. niektórych przypadkach dla  $32 \sqrt[3]{q}$  /.

Czynnikami rażącymi naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych są: powietrzna fala uderzeniowa, promieniowanie ciepłe, promieniowanie przenikliwe, impuls elektromagnetyczny oraz promieniotwórcze skażenie terenu.

Utrata zdolności bojowej żołnierzy rozmieszczonych poza ukryciami, w samochodach, transporterach opancerzonych typu odkrytego oraz w odkrytych urządzeniach fortyfikacyjnych /okopach, transzejach, szczelinach itp./ od naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych o mocy do 10 kt następuje głównie na skutek promieniowania przenikliwego a od wybuchów o mocy 10 kt i większej - w wyniku połączonego działania fali uderzeniowej, promieniowania ciepłego i promieniowania przenikliwego albo tylko fali uderzeniowej i promieniowania ciepłego.

Utrata zdolności bojowej żołnierzy znajdujących się w transporterach opancerzonych typu zakrytego od wybuchów o mocy do 100 kt i w czołgach od wybuchów do 1 Mt następuje głównie na skutek promieniowania przenikliwego, a przy wybuchach o większej mocy - w wyniku działania fali uderzeniowej.

W schronach przedpiersiowych i schronach żołnierze tracą zdolność bojową w wyniku bezpośredniego lub pośredniego działania fali uderzeniowej.

W wyniku działania czynników rażących wybuchu jądrowego żołnierze mogą utracić zdolność bojową natychmiast /w ciągu kilku minut po wybuchu/ lub po upływie dłuższego

czasu. Jeżeli porażenie spowodowane jest powietrzną falą uderzeniową lub promieniowaniem cieplnym, utrata zdolności bojowej następuje jako prawidłowość, natychmiast. Przy porażeniach promieniowaniem przenikliwym, czas po upływie którego następuje utrata zdolności bojowej wraz z wystąpieniem charakterystycznych objawów choroby popromiennej, zależy od pochłoniętej dawki promieniowania i może zawierać się w granicach jednego miesiąca. Pod pojęciem natychmiastowej utraty zdolności bojowej żołnierzy od promieniowania przenikliwego należy rozumieć, że następuje ona po upływie 10-15 minut po wybuchu.

Utrata właściwości użytkowych i bojowych sprzętu, uzbrojenia, budowli i budynków podczas naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych następuje w wyniku działania powietrznej fali uderzeniowej, a samolotów, śmigłowców i samochodów - na skutek wybuchu ładunków o dużej i wielkiej mocy przy sprzyjających warunkach atmosferycznych /powietrze czyste, bardzo słabe lub słabe zamglenie/, a także działania promieniowania cieplnego.

Zapalność samolotów, śmigłowców i samochodów w wyniku zapalenia się materiałów wewnątrz tych obiektów /pokrowców, zasłon itp./ może spowodować prawie dwukrotnie większe uszkodzenia niż fala uderzeniowa.

Utrata właściwości użytkowych bardzo trwałych budowli może nastąpić na skutek działania powietrznej fali uderzeniowej, fali sejsmicznej, powstającej w wyniku miejscowego oddziaływania wybuchu, a utrata właściwości użytkowych sprzętu elektroradiotechnicznego - również pod wpływem impulsu elektromagnetycznego. Niekiedy obiekt, który nie utracił

właściwości użytkowych w wyniku oddziaływania fali uderzeniowej, fali sejsmicznej lub promieniowania cieplnego, może się stać bezużyteczny na skutek działania impulsu elektromagnetycznego.

Promienie stref utraty właściwości bojowych i użytkowych uzbrojenia i sprzętu rozmieszczonego w ukryciach /okopach/, transzejach, wykopach itp./, w stosunku do uzbrojenia i sprzętu nieukrytego, zmniejsza się odpowiednio:

- dział artyleryjskich - 1,5 do 2 razy /przy rozmieszczeniu w typowych działobitniach promienie stref są takie same, jak przy rozmieszczeniu poza ukryciami/;
- sprzętu pancernego i opancerzonego - 1,2 do 1,5 razy;
- sprzętu samochodowo-ciągnikowego i radiostacji na samochodach - 1,4 razy;
- broni strzeleckiej - 2 do 2,5 razy.

W miejscach zaludnionych oraz w lasach od naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych mogą powstać strefy całkowitych i lokalnych zawałów oraz stref całkowitych i lokalnych pożarów.

Całkowite zawały i pożary w miastach powstają w strefie pełnego zniszczenia budynków i budowli. Charakteryzują się tym, że obszar miasta w granicach tych zawałów bardziej lub mniej równomiernie pokrywa się gruzami zburzonych domów. Wysokość całkowitych zawałów w zależności od gęstości zabudowy i wysokości budynków może sięgać 3-4 m. Lokalne zawały w zaludnionych punktach tworzą się w strefie silnego zburzenia domów; przy powstaniu tych zawałów pozostają między zburzonymi domami przejścia.

W miejscach zaludnionych w odległości znacznie prze-

kraczącej promienie stref powstawania zawałów, następuje zniszczenie oszklenia budynków, mogące spowodować zranienia ludzi kawałkami szkła. Oszklenie ulega całkowitemu zniszczeniu w strefie ograniczonej promieniem o nadciśnieniu na froncie powietrznej fali uderzeniowej równym  $0,05 \text{ kg/cm}^2$ ; zniszczenie do 40-50 % oszklenia budynków zachodzi przy nadciśnieniach  $0,015-0,03 \text{ kg/cm}^2$ .

Całkowite zawały w lasach powstają w strefie ograniczonej nadciśnieniem na froncie fali uderzeniowej o wielkości  $0,3-0,5 \text{ kg/cm}^2$ , częściowe - w strefie z nadciśnieniem  $0,1-0,3 \text{ kg/cm}^2$ . W strefie całkowitych zawałów ulega zniszczeniu około 60 % drzew, w strefie częściowych zawałów - przykładowo 30 % drzew.

W strefie pełnego zniszczenia lasu /przy ciśnieniach większych od  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  / drzewa wrywane są z korzeniami, łamią się i są porzucane, a teren jest w pełni pozbawiony lasu. Tylko w epicentrum powietrznego wybuchu może się zachować część drzew, z których całkowicie będą pozrywane gałęzie i korony.

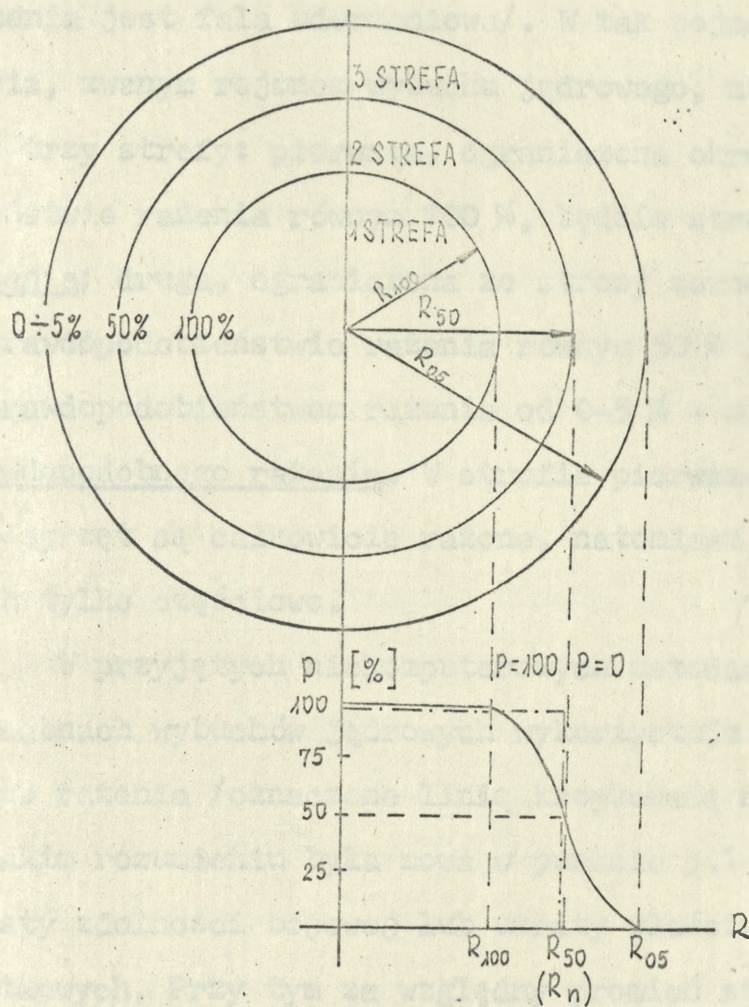
W strefie całkowitych pożarów w miejscach zaludnionych i w lasach ogień obejmuje przeważającą większość budynków i budowli lub leśnych obszarów, w strefie lokalnych pożarów - niektóre budynki i budowle lub części obszaru lasu. W lesie strefy pożarów powstają tylko na skutek działania promieniowania świetlnego, a w miejscach zaludnionych, oprócz tego - na skutek wtórnych przyczyn /zniszczenie urządzeń grzejnych itp./ będących następstwem zniszczenia budynków i budowli przez falę uderzeniową.

### 3.2. Model rażącego działania w rejonie wybuchu jądrowego

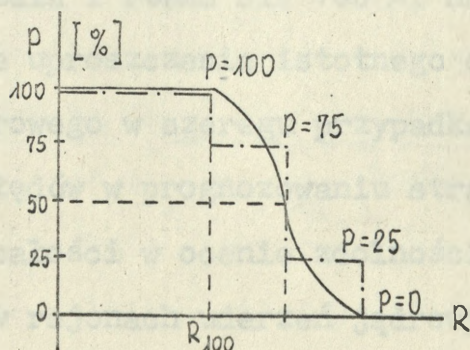
Przeprowadzenie w odpowiednim czasie przedsięwzięć w celu likwidacji skutków po uderzeniach jądrowych wykonanych na wojska i inne obiekty, w znacznym stopniu zależy od szybkości oceny przewidywanych strat stanu osobowego i podstawowego uzbrojenia i sprzętu bojowego ZT lub ZO. Bazując na doświadczeniach z ćwiczeń i gier wojennych można stwierdzić, że dopóki nie nadejdzie informacja z wojsk o rzeczywistych stratach, zawsze prowadzi się prognozę strat na podstawie parametrów wybuchów jądrowych i danych o położeniu obiektów uderzeń, umożliwiając zakładając, że charakterystyki ich są znane. Dokładność tej prognozy zależy od wielu czynników, a między innymi od jakości stosowanych metodyk tzn. od uwzględnionych w nich osobliwości rażącego działania wybuchu jądrowego. Jak już wcześniej wspomniano, czynnikami rażącymi naziemnych i powietrznych wybuchów jądrowych są:

- powietrzna fala uderzeniowa,
- promieniowanie cieplne,
- promieniowanie przenikliwe,
- impuls elektromagnetyczny,
- promieniotwórcze skażenie terenu.

Oceniając zmiany prawdopodobieństwa rażenia stanu osobowego w funkcji odległości, łatwo zauważyć, że maleje ono wraz ze wzrostem odległości od centrum /epicentrum/ wybuchu /rys.3.2.1/. Ma to miejsce zarówno przy oddziaływaniu każdego z trzech czynników rażących wybuchu jądrowego oddzielnie - fali uderzeniowej, promieniowania przenikliwego, jak również przy ich jednoczesnym działaniu. Podobny charakter zmian ma zależ-



RYS. 3.2.1. ISTNIEJĄCA METODA OBLICZANIA STRAT — . . . —  
/SKOKOWE PRAWO RAŻENIA/



RYS. 3.2.2. METODA OBLICZANIA STRAT ZALECANA PRZY  
WYKORZYSTANIU KOMPUTERÓW — . . . —  
/TRZYSTOPNIOWE PRAWO RAŻENIA/

ność prawdopodobieństwa rażenia w funkcji odległości w odniesieniu do uzbrojenia i sprzętu bojowego /głównym czynnikiem rażenia jest fala uderzeniowa/. W tak pojmowanym rejonie rażenia, zwanym rejonem wybuchu jądrowego, można umownie wydzielić trzy strefy: pierwsza, ograniczona okręgiem o prawdopodobieństwie rażenia równym 100 %, będzie strefą bezwarunkowego rażenia; druga, ograniczona ze strony zewnętrznej okręgiem o prawdopodobieństwie rażenia równym 50 % i trzecia okręgiem z prawdopodobieństwem rażenia od 0-5 % - stanowią strefy prawdopodobnego rażenia. W strefie pierwszej stan osobowy lub sprzęt są całkowicie rażone, natomiast w pozostałych strefach tylko częściowo.

W przyjętych niekomputerowych metodach obliczania strat w rejonach wybuchów jądrowych wykorzystuje się tzw. skokowe prawo rażenia /oznaczone linią kropkowaną na rys. 3.2.1/. W takim rozumieniu była mowa w punkcie 3.1 o promieniach stref utraty zdolności bojowej lub utraty właściwości bojowych czy użytkowych. Przy tym za względny promień strefy rażenia przyjmuje się odległość od centrum /epicentrum/ wybuchu do okręgu, na którym prawdopodobieństwo równe jest 50 %. Przy tym zakłada się, że wartość prawdopodobieństwa rażenia w granicach tej strefy jest stała i równa się 100 %, natomiast poza nią równa się 0. Takie uproszczenie istotnego obrazu rażącego działania wybuchu jądrowego w szeregu przypadkach może doprowadzić do zauważalnych błędów w prognozowaniu strat stanu osobowego i sprzętu oraz w całości w ocenie zdolności bojowej wojsk, znajdujących się w rejonach uderzeń jądrowych. Potwierdzenie tego można uzyskać analizując możliwości broni jądrowej, przydzielanej według norm operacyjno-taktycznych

armii USA, do wykonania uderzeń na wojska przeciwnika, prowadzące operację zaczepną armii /patrz Tabolin E.A. Metodika rozrabotki .../. W przyjętym wariancie 40-60 % ładunków jądrowych stanowiły małe kalibry: 20-40 % średnie kalibry i 10-20% - duże kalibry przy ogólnym stosunku powietrznych stref rażenia stanu osobowego określone oddzielnie dla każdego z trzech czynników rażenia broni jądrowej tzn. fali uderzeniowej, promieniowania przenikliwego i promieniowania świetlnego. Dane uzyskane w ten sposób pozwalają stwierdzić, że powierzchnia trzeciej strefy w wyniku działania fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego stanowi przykładowo 10-30 % ogólnej powierzchni pierwszej i drugiej strefy, a w wyniku działania promieniowania świetlnego /przy słabej mgle i dla stanu osobowego nieukrytego/ dochodzi do 70-80 %. W obliczeniach przeprowadzonych tradycyjnie, obiekty znajdujące się w trzeciej strefie, stosunkowo dużej powierzchniowo, traktowano jako nierażone. Dla podwyższenia wiarygodności określania strat stanu osobowego i sprzętu w rejonach wybuchów jądrowych można wykorzystać bardziej dokładne - "trzystopniowe prawo rażenia" /oznaczone linią punktową na rys. 3.2.2/. Przy tym prawdopodobieństwo rażenia w pierwszej strefie przyjmuje się za 100 %, a w drugiej i trzeciej strefie - odpowiednio 75 i 25 %. Praktyczne wykorzystanie trzystopniowego modelu rażenia w tradycyjnych obliczeniach byłoby dosyć złożone, natomiast w obliczeniach komputerowych jest w pełni uzasadnione. W ten sposób, dzięki zastosowaniu techniki komputerowej, można uzyskać nie tylko przyspieszenie obliczeń strat powstałych w oddziałach i ZT armii, ale również podwyższenie dokładności wyników dostarczanych sztabowi.

Do dalszych rozważań przyjmuje się następujące oznaczenia:

$R_{100}$  - promień strefy bazwarunkowego rażenia /1-sza strefa na rys. 3.2.2/;

$R_{50}$  - promień strefy rażenia ograniczonej prawdopodobieństwem równym 50 % /2-ga strefa na rys. 3.2.1/;

$R_{05}$  - promień strefy rażenia ograniczonej prawdopodobieństwem równym 0-5 % /3-cia strefa na rys. 3.2.1/.

Dla tego modelu rażenia ekwiwalentna wielkość porażonej powierzchni obiektu, przy założeniu, że promień obiektu jest większy od promienia 3-ciej strefy, obliczana jest następująco:

$$S_r = \pi [R_{100}^2 + 0.75(R_{50}^2 - R_{100}^2) + 0.25(R_{05}^2 - R_{50}^2)] \quad /3.2.1/$$

Łatwo zauważyć, że tę zależność można przedstawić w innej postaci:

$$S_r = \frac{\pi}{4} (R_{100}^2 + 2R_{50}^2 + R_{05}^2) \quad /3.2.2/$$

### 3.3. Prawo rażenia w postaci zależności funkcyjnej ciągłej

Niekiedy zależność prawdopodobieństwa rażenia od odległości wygodnie jest przedstawić w postaci funkcji ciągłej. Ponadto taki sposób zapisu prawa rażenia będzie intuicyjnie bliższy opisowi naturalnych zjawisk, które najczęściej w makroświecie zmieniają się w sposób ciągły. Jedną z możliwych form przybliżonego zapisu prawa rażenia jest następująca funkcja:

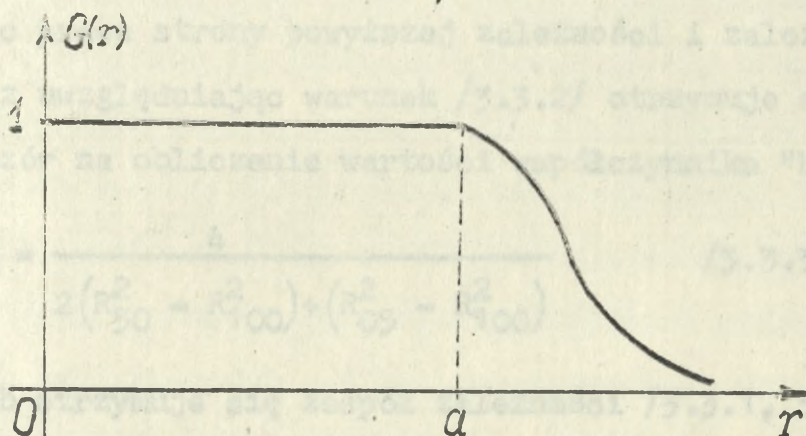
$$G(r) = \begin{cases} 1 & \text{dla } r \leq a \\ \exp[-k(r^2 - a^2)] & \text{dla } r > a \end{cases} \quad /3.3.1/$$

gdzie  $G(r)$  - prawdopodobieństwo porażenia elementu obiektu, znajdującego się w odległości  $r$  od centrum /epicentrum/ wybuchu;

$a$  - największa odległość od centrum /epicentrum/ wybuchu, przy której element obiektu jest jeszcze całkowicie rażony /pokrywa się z granicą bezwarunkowej strefy rażenia/;

$k$  - współczynnik określający szybkość zmiany funkcji w strefie prawdopodobnego rażenia ( $k > 0$ ).

Funkcja  $G(r)$  jest określona mianem funkcji gęstości strat /gęstość prawdopodobieństwa rażenia/ i wykres jej jest następujący:



Dla takiej postaci funkcji otrzymuje się z założenia, że:

$$a = R_{100} \quad /3.3.2/$$

Pozostaje do określenia współczynnik " $k$ ". Jego wartość można obliczyć zakładając równość rażonych powierzchni obliczanych:

1/ na podstawie trzystopniowego prawa rażenia,

2/ na podstawie, aktualnie rozpatrywanego, ciągłego prawa rażenia.

Dla przypadku 1 powierzchnia rażenia określana jest zależnością /3.2.2/, natomiast dla przypadku 2 będzie określana

przy pomocy sumy całek:

$$S_r = \int_0^a 2\pi r dr + \int_a^\infty 2\pi \exp[-k(r^2 - a^2)] r dr$$

Pierwszą całkę można obliczyć bardzo prosto, natomiast po przekształceniu metodą podstawiania drugiej całki, otrzymuje się następujący wynik:

$$\int_a^\infty \exp[-k(r^2 - a^2)] r dr = \frac{1}{2k}$$

Stąd wzór na powierzchnię rażoną dla przypadku 2 uzyskuje postać:

$$S_r = \pi a^2 + \frac{\pi}{k}$$

Przyrównując prawe strony powyższej zależności i zależności /3.2.2/ oraz uwzględniając warunek /3.3.2/ otrzymuje się następujący wzór na obliczenie wartości współczynnika "k":

$$k = \frac{4}{2(R_{50}^2 - R_{100}^2) + (R_{05}^2 - R_{100}^2)} \quad /3.3.3/$$

W ten sposób otrzymuje się zespół zależności /3.3.1, 3.3.2 i 3.3.3/ pozwalających zapisać postać ciągłego prawa rażenia, mając zadane wartości promieni stref rażenia:  $R_{100}, R_{50}, R_{05}$ . Trzeba mieć na uwadze, że wielkości "a" i "k" są jednakowe tylko dla względnie jednorodnych elementów obiektu /w odniesieniu do wybuchów o jednakowych parametrach/.

Na przykład dla powietrznego wybuchu jądrowego o mocy 1 kt /dla ludzi nieukrytych/ wartości promieni są następujące:

$R_{100} = 0,8$  km;  $R_{50} = 0,86$  km i  $R_{05} = 1$  km. Stąd  $a = 0,8$  oraz  $k = 7,153$  i postać funkcji gęstości strat dla tego przypadku jest następująca:

$$G(r) = \begin{cases} 1 & \text{dla } r \leq 0.8 \\ \exp[-7.153(r^2 - 0.8^2)] & \text{dla } r > 0.8 \end{cases}$$

### 3.4. Krótkie podsumowanie rozdziału

W rozdziale tym przedstawiono krótką charakterystykę rażącego działania powietrznych i naziemnych wybuchów jądrowych ze szczególnym uwzględnieniem rejonu wybuchu, a wynika to z konieczności podporządkowania się tematowi pracy.

Następnie scharakteryzowano przyjmowany do obliczeń komputerowych trójstopniowy model rażenia, przedstawiając jego zalety w stosunku do skokowego prawa rażenia stosowanego w obliczeniach tradycyjnych. Nadto pod koniec rozdziału pokazano sposób wykorzystania modelu trójstopniowego do określenia parametrów cięższego modelu rażenia opisanego funkcją postaci /3.3.1/ wraz z załączeniem krótkiego przykładu praktycznego ich obliczania. W jakich przypadkach mają zastosowanie rozważane modele rażenia przedstawiono w rozdziale drugim. Gwoli uzupełnienia można dodać, że w przypadku modelu efektywnych powierzchni może być stosowane jednostopniowe lub trójstopniowe prawo rażenia. Łatwo zauważyć, że w granicznym przypadku trójstopniowe prawo rażenia jest zbieżne z jednostopniowym tzn. zakładając  $R=R_{100}=R_{50}=R_{05}$  otrzymuje się ze wzoru /3.2.2/ wzór na rażoną powierzchnię obiektu jak dla jednostopniowego prawa rażenia tj.  $S_r = \pi R^2$ .

## Rozdział 4

### Algorytm oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych

#### 4.1. Struktura informacyjna zbiorów danych

##### 4.1.1. Zbiór danych zmiennych

Dane zmienne zasadniczo zawierają dwa rodzaje informacji:

- parametry uderzeń jądrowych;
- zmienne charakterystyki obiektów uderzeń jądrowych /niekiedy dodatkowe dane o wzmocnieniu obiektów uderzeń jądrowych, jeżeli ono występuje/.

O tym, czy obiekt jest wzmocniony w sensie oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych, decyduje jedność miejsca i czasu działania elementu wzmocnienia i obiektu uderzenia jądrowego. Oznacza to, że jeżeli pewne elementy ugrupowania bojowego np. oddziałów znajdują się w rejonie rozmieszczenia obiektu i będą rażone tym samym wybuchem jądrowym co obiekt, to należy traktować je jako elementy wzmocnienia. Wszystkie dane zmienne mogą być zapisane w trzech typach rekordów, których struktura informacyjna jest następująca:

- a/ rekord typu pierwszego zawiera numer i skrót nazwy związku taktycznego lub samodzielnego oddziału;
- b/ rekord typu drugiego zawiera:
  - numer i skrót nazwy oddziału lub samodzielnego pododdziału,
  - zintegrowany kod działania /kod działania wojsk i numer obiektu uderzenia w ramach oddziału lub samodzielnego pododdziału/,

- ilość jednakowych wybuchów wykonanych na ten sam typ obiektu,
- rodzaj wybuchu jądrowego,
- moc wybuchu jądrowego,
- stopień rozpoznania obiektu /współczynnik rozpoznania obiektu/,
- procent ukończenia stanu osobowego obiektu,
- procent ukończenia sprzętu obiektu,
- szerokość rejonu lub długość kolumny obiektu;

c/ rekord typu trzeciego zawiera:

- numer i skrót nazwy oddziału lub samodzielnego pododdziału z którego wydzielony jest element wzmocnienia,
- zintegrowany kod działania /kod działania wojsk i numer obiektu uderzenia/,
- ilość wzmocnienia /część pododdziału zapisanego pod numerem obiektu w zintegrowanym kodzie działania/,
- odległość elementu wzmocnienia od środka obiektu.

Kolejność występowania rekordów w dokumencie z danymi zmiennymi powinna być taka, że najpierw występuje rekord typu 1-go a kolejnymi rekordami będą rekordy typu 2-go ewentualnie rozdzielone rekordami typu 3-go, jeżeli elementy wzmocnienia są z tego samego związku taktycznego co obiekt uderzenia jądrowego lub rekordami typu 3-go poprzedzonymi rekordami typu 1-go zawierającymi informację o związku taktycznym, pod który podlega organizacyjnie element wzmocnienia. Układ rekordów powtarza się dla innych związków taktycznych.

Funkcję wprowadzania i kontrolę formalną danych zmiennych realizuje jeden z modułów zadania oceniającego straty wojsk i nie będzie przedmiotem szczegółowych rozważań, ponieważ

dla tej pracy nie jest to najistotniejszym elementem. Istotnym jest struktura rekordu w jakiej będą zapisane dane zmienne w zbiorze pośrednim po wyjściu z tego modułu. Struktura informacyjna tego rekordu będzie następująca:

- 1/ wskaźnik obiektu lub elementu wzmocnienia /1 - dla obiektu, 2 - dla wzmocnienia/;
- 2/ numer i skrót nazwy związku taktycznego lub samodzielnego oddziału;
- 3/ numer i skrót nazwy oddziału lub samodzielnego pododdziału;
- 4/ zintegrowany kod działania;
- 5/ ilość jednakowych wybuchów dla obiektu lub odległość elementu wzmocnienia od środka obiektu /w setkach metrów/;
- 6/ rodzaj wybuchu jądrowego;
- 7/ moc wybuchu jądrowego;
- 8/ współczynnik rozpoznania;
- 9/ ukończenie stanu osobowego obiektu lub ilość elementu wzmocnienia /w procentach/;
- 10/procent ukończenia sprzętu obiektu lub ilość elementu wzmocnienia;
- 11/szerokość rejonu lub długość kolumny obiektu /dla wzmocnienia będzie zero/;
- 12/głębokość rejonu rozmieszczenia obiektu /zero dla kolumny marszowej lub dla wzmocnienia/.

Nazwa zbioru pośredniego z danymi zmiennymi będzie następująca: CHEM-DANEWEJ /organizacja zbioru sekwencyjna w pojęciu systemu ICL 1900/.

#### 4.1.2. Zbiór danych etatowych

Zbiór danych etatowych będzie zawierał informacje o jednostkach bezpośredniego i pośredniego podporządkowania szczebla armijnego. Struktura informacyjna tego rekordu będzie następująca:

- 1/ kod etatu jednostki;
- 2/ skrót nazwy jednostki;
- 3/ kod etatu jednostki nadzzędnej /dla jednostek bezpośredniego podporządkowania zero/;
- 4/ liczba stanu osobowego;
- 5/ liczba załóg czołgów;
- 6/ liczba załóg BWP;
- 7/ ilość sprzętu jednostki według 23-ech grup jednorodnych:
  - samochody i inne pojazdy,
  - czołgi średnie i ciężkie,
  - bojowe wozy piechoty /BWP/,
  - transportery opancerzone,
  - śmigłowce,
  - wyrzutnie rakiet taktycznych,
  - wyrzutnie rakiet operacyjno-taktycznych,
  - moździerze,
  - działa 122 mm,
  - działa 152 mm,
  - wyrzutnie rakietowe BM21,
  - działa przeciwpancerne,
  - przeciwpancerne pociski kierowane,
  - wyrzutnie rakiet przeciwlotniczych KRUG,
  - wyrzutnie rakiet przeciwlotniczych KUB,
  - wyrzutnie rakiet przeciwlotniczych OSA,

- wozy dowodzenia,
- stacje radiolokacyjne,
- wyrzutnie rakiet S1,
- wyrzutnie rakiet S2,
- armaty przeciwlotnicze 57 mm,
- szyłki /ZSU-23-4/,
- działa ZU-23-2.

Zbiór ten będzie nosił nazwę CHEM-ETATY /organizacja zbioru sekwencyjna w pojęciu systemu ICL 1900/.

#### 4.1.3. Zbiór danych normatywnych

Zbiór ten będzie przedłużeniem jakby zbioru danych etatowych i będzie zawierał w rekordzie następujące informacje:

- 1/ kod etatu jednostki;
- 2/ skrót nazwy jednostki;
- 3/ szerokość i głębokość rejonu ześrodkowania;
- 4/ szerokość i głębokość rejonu działań w obronie;
- 5/ szerokość i głębokość pasa natarcia;
- 6/ długość kolumny marszowej;
- 7/ liczba zasadniczych elementów bojowych;
- 8/ progowe wartości strat /w procentach/ poniżej których jednostka zachowuje zdolność i strat powyżej których traci zdolność bojową.

Zbiór ten będzie nosił nazwę CHEM-NORMY /organizacja zbioru sekwencyjna w pojęciu systemu ICL 1900/.

#### 4.1.4. Zbiór danych o hipotetycznych ugrupowaniach oddziałów

Struktura informacyjna rekordów w tym zbiorze będzie następująca:

- 1/ kod etatu oddziału lub samodzielnego pododdziału i numer elementu ugrupowania bojowego - obiektu uderzenia jądrowego /identyfikator rekordu w zbiorze/;
- 2/ skrót nazwy oddziału lub samodzielnego pododdziału;
- 3/ numer elementu ugrupowania bojowego ze wzmocnieniem wydzielonym z tego oddziału;
- 4/ skrót nazwy elementu ugrupowania bojowego oddziału;
- 5/ kąt i współrzędne środka elementu ugrupowania bojowego w lokalnym układzie współrzędnych prostokątnych /obejmującym ugrupowanie oddziału/;
  - w rejonie ześrodkowania,
  - w obronie,
  - w natarciu;
- 6/ współrzędne położenia środka elementu ugrupowania oddziału w marszu.

Nazwa zbioru: PULK-OBIEKTY /organizacja sekwencyjna/.

#### 4.1.5. Zbiór danych o obiektach uderzeń

Zbiór ten o nazwie OBIEKT-CECHY będzie zawierał charakterystyki elementów ugrupowania bojowego oddziałów lub samodzielnych pododdziałów /przewidywanych obiektów uderzeń jądrowych/. Dane te będą zawarte w rekordach o następującej strukturze informacyjnej:

- 1/ skrót nazwy elementu ugrupowania bojowego oddziału - obiektu /identyfikator rekordu w zbiorze/;

2/ dane normatywne obiektu w:

- rejonie ześrodkowania /szerokość i głębokość/,
- obronie /szerokość i głębokość/,
- natarciu /szerokość i głębokość/;

3/ długość kolumny marszowej i waga obiektu;

4/ progowe wartości strat obiektu /jak w zbiorze CHEM-NORMY/;

5/ charakterystyki elementu niższego rzędu /jeżeli występuje/;

- liczba jednorodnych elementów /uśredniona powierzchniowo i liniowo/,
- dane o rejonach działań /ześrodkowanie, obrona i natarcie - uśrednione/,
- długość kolumny marszowej;

6/ liczba stanu osobowego obiektu;

7/ dane o sprzęcie obiektu /maksymalnie pięć różnych grup sprzętu/ w układzie:

- umowny numer grupy sprzętu,
- ilość sprzętu w grupie.

#### 4.1.6. Dane o strukturze armii i zbiór danych o stanach jednostek

Dane o strukturze armii będą stanowiły podstawę do założenia zbioru danych rzeczywistych, czyli stanów jednostek.

Będą to następujące dane:

1/ numer i skrót nazwy armii;

2/ numer i skrót nazwy związku taktycznego /samodzielnego oddziału lub pododdziału/ wchodzącego w skład armii;

3/ kod etatu związku taktycznego /samodzielnego oddziału lub pododdziału/ o numerze i skrótce nazwy zapisanej powyżej;

- 4/ numer i skrót nazwy oddziału /samodzielnego pododdziału/ wchodzącego w skład danego związku taktycznego /samodzielnego oddziału lub pododdziału/;
- 5/ kod etatu oddziału /samodzielnego pododdziału/ wchodzącego w skład danego ZT;
- 6/ procenty ukompletowania stanu osobowego i sprzętu danego oddziału.

Informacje dotyczące oddziału lub samodzielnego pododdziału wchodzącego w skład określonego związku taktycznego będą się powtarzały, aż do wyczerpania zapisu wszystkich jednostek wchodzących w skład danego związku taktycznego.

Dane o strukturze armii będą danymi zmiennymi /wejściowymi/ do programu zakładającego zbiór stanów jednostek, który bazując na tych danych oraz na danych zawartych w zbiorze CHEM-ETATY założy zbiór stanów jednostek /bezpośredniego i pośredniego podporządkowania szczebla armijnego/ o nazwie CHEM-STANY. Struktura informacyjna rekordów w tym zbiorze będzie następująca:

- 1/ numer i skrót nazwy jednostki bezpośredniego podporządkowania /JBP/;
- 2/ kod etatu JBP;
- 3/ numer i skrót nazwy jednostki pośredniego podporządkowania /JPP/;
- 4/ kod etatu JPP;
- 5/ liczba stanu osobowego JPP;
- 6/ liczba załóg czołgów JPP;
- 7/ liczba załóg BWP JPP;
- 8/ stany sprzętu JPP według dwudziestu trzech grup jednorodnych /jak w zbiorze CHEM-ETATY/.

#### 4.1.7. Pomocnicze zbiory danych

1/ słownik skrótów nazw jednostek będzie zawierał następujące dane:

- a/ skrót nazwy jednostki /na przykład dwunastoznakowy/;
- b/ nazwę jednostki /np. osiemdziesięcioznakową/;

2/ słownik skrótów nazw sprzętu będzie zawierał:

- a/ skrót nazwy względnie jednorodnej grupy sprzętu /np. ośmioznakowy/;
- b/ umowny numer grupy sprzętu;
- c/ numer sprzętu według podprogramu obliczania promieni rażenia;
- d/ nazwa grupy sprzętu wraz z wyszczególnieniem typów sprzętu wchodzącego w skład grupy.

3/ tabela ilości ludzi w czołgach, BWP i transporterach w zależności od:

a/ rodzaju działań bojowych /rodzaju ugrupowania bojowego/ dla następujących typów:

- 1 - rejonu ześrodkowania,
- 2 - obrony,
- 3 - natarcia,
- 4 - marszu /kolumny w rejonie/;

b/ rodzaju rozbudowy inżynieryjnej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego według następującego podziału na:

- 1 - rejon nierozbudowany /kolumna marszowa/,
- 2 - rejon rozbudowany do 12 godzin,
- 3 - rejon rozbudowany od 12 do 24 godzin,
- 4 - rejon rozbudowany powyżej 24 godzin,

- 5 - rejon zajmowany przez jednostki tyłowe ZT pierwszego rzutu,
  - 6 - rejon zajmowany przez jednostki tyłowe ZT drugiego rzutu,
  - 7 - rejon zajmowany przez SD i KSD ZT pierwszego rzutu,
  - 8 - rejon zajmowany przez SD i KSD ZT drugiego rzutu,
  - 9 - rejon zajmowany przez SD, KSD i WSD armii.
- 4/ tabela procentowego rozmieszczenia stanu osobowego /znajdującego się podczas wybuchu poza czołgami, transporterami i BWP/ w następujących względnie jednorodnych typach ukryć:
- 1 - poza ukryciami i w samochodach,
  - 2 - w transzejach,
  - 3 - w przykrytych szczelinach,
  - 4 - w schronach przedpiersiowych,
  - 5 - w schronach typu lekkiego;
- w zależności od rodzaju rozbudowy inżynieryjnej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego jednostek.
- 5/ tabela procentów rozmieszczenia sprzętu zawiera procenty sprzętu ukrytego w zależności od rozbudowy inżynieryjnej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego jednostek.
- 6/ tabela współczynników zmniejszenia promieni rażenia sprzętu ukrytego w zależności od rozbudowy inżynieryjnej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego jednostek.

Uwaga

Kod działania wymieniony w dokumencie z danymi zmiennymi składa się z dwóch części /patrz punkt 4.1.7 - podpunkt 3/:

- a/ rodzaju działań bojowych /rodzaju ugrupowania bojowego/;
- b/ rodzaju rozbudowy inżynieryjnej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego.

#### 4.2. Charakterystyki modelu rażenia

Model rażenia będzie charakteryzowany za pomocą zależności skokowej lub ciągłej /patrz rozdział 3/. Do obliczeń jako bazowe będzie przyjmowane trójstopniowe prawo rażenia. Jest to podyktowane tym, że dysponuje się danymi pozwalającymi wykorzystać ten model w praktycznych obliczeniach. W tym celu opracowano dwa podprogramy do obliczania promieni rażenia:

- 1/ stanu osobowego znajdującego się w różnych rodzajach ukryć;
- 2/ sprzętu techniczno-bojowego różnych typów.

Uwzględniono tutaj dwa rodzaje wybuchów jądrowych tj. naziemne i powietrzne.

##### 4.2.1. Podprogram do obliczania promieni stref rażenia stanu osobowego

Nazwa podprogramu: PROM.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ moc wybuchu jądrowego;
- 2/ rodzaj wybuchu jądrowego;
- 3/ rodzaj ukrycia stanu osobowego.

Parametrami wyjściowymi podprogramu są promienie stref rażenia stanu osobowego z prawdopodobieństwem 1, 0.5 i 0-0.05.

Danymi stałymi w podprogramie są:

- 1/ tabela promieni jednostkowych;
- 2/ tabela współczynników pozwalających obliczyć promienie rażenia wybuchów jądrowych o mocach różnych od 1 kt.

#### 4.2.2. Podprogram do obliczania promieni stref uszkodzenia sprzętu

Nazwa podprogramu: PRSP.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ moc wybuchu jądrowego;
- 2/ rodzaj wybuchu jądrowego;
- 3/ rodzaj sprzętu.

Parametrami wyjściowymi podprogramu są promienie stref uszkodzenia sprzętu techniczno-bojowego z prawdopodobieństwem 1, 0.5 i 0-0.05.

Danymi stałymi w podprogramie są jednostkowe promienie uszkodzenia różnych rodzajów sprzętu. Promienie uszkodzenia sprzętu od wybuchów jądrowych o mocy różnej od 1 kt oblicza się wykorzystując prawo podobieństwa.

#### 4.2.3. Podprogram do obliczania promieni stref porażień śmiertelnych stanu osobowego

Nazwa podprogramu: PROB.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ moc wybuchu jądrowego;
- 2/ rodzaj wybuchu jądrowego;
- 3/ rodzaj ukrycia stanu osobowego.

Parametrami wyjściowymi podprogramu są promienie stref rażenia stanu osobowego z prawdopodobieństwem 1, 0.5 i 0-0.05. Danymi stałymi w podprogramie są:

- 1/ tabela promieni stref porażień śmiertelnych stanu osobowego dla wybranych mocy wybuchów;

2/ wartości wybranych mocy wybuchów .

Podprogram ten służy do określania strat bezpowrotnych stanu osobowego wojsk, a pośrednio do określania strat sanitarnych.

#### 4.3. Metoda oceny strat obiektów

Na bazie rozważań podanych w rozdziale 2 opracowano podprogramy obliczania strat względnie jednorodnych elementów obiektów /np. ludzi znajdujących się w jednym z rodzajów ukryć/, które są podstawą do określania strat stanu osobowego lub sprzętu techniczno-bojowego obiektów uderzeń jądrowych. Straty obiektów uderzeń jądrowych oblicza się uwzględniając stopień rozbudowy inżynieryjnej rejonu działań oraz rodzaj działań. Są one podstawą do obliczania strat jednostek pośredniego podporządkowania, co jest zasadniczym problemem w niniejszej pracy.

##### 4.3.1. Ocena strat na bazie modelu efektywnych powierzchni

Model efektywnych powierzchni jest bardzo uproszczonym modelem obliczania strat wyróżnionych obiektów armijnych rozumianych jako wybrane jednostki pośredniego podporządkowania szczebla armijnego. Faktyczne obiekty uderzeń są na ogół na niższym szczeblu w stosunku do wyróżnionych obiektów.

W oparciu o rozważania podane w rozdziale /2.2/ opracowano dwa podprogramy umożliwiające dokonanie oceny strat:

- 1/ obliczania współczynników wielomianów aproksymujących rozkład powierzchni efektywnej wyróżnionego obiektu;
- 2/ obliczania strat względnie jednorodnych elementów wyróżnionego obiektu.

Rozbicie na dwa etapy procesu obliczania strat dla wyróżnionego obiektu związane jest z tym, że na ogół jednokrotne użycie pierwszego podprogramu poprzedza wielokrotne użycie drugiego podprogramu.

#### 4.3.1.1. Podprogram obliczania współczynników wielomianów aproxymujących rozkład powierzchni efektywnej

Nazwa podprogramu: WSPZC.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ powierzchnia kompanii;
- 2/ powierzchnia batalionu;
- 3/ powierzchnia pułku /wyróżnionego obiektu/;
- 4/ liczba równoważnych elementów kompanijnych w batalionie;
- 5/ liczba równoważnych elementów batalionowych w pułku.

Parametrami wyjściowymi są:

- 1/ współczynniki wielomianów aproxymujących;
- 2/ wielkości powierzchni efektywnych kompanii, batalionu i pułku;
- 3/ wskaźnik rodzaju pułku /wyróżnionego obiektu/;
- 4/ promień rejonu rozmieszczenia kompanii, batalionu i pułku.

#### 4.3.1.2. Podprogram obliczania strat względnie jednorodnych elementów wyróżnionego obiektu

Nazwa podprogramu: EPPZC.

- 1/ parametry wyjściowe podprogramu WSPZC;
- 2/ promień rażenia względnie jednorodnych elementów z zadany  
prawdopodobieństwem.

Parametry wyjściowe podprogramu:

- 1/ stopień porażenia kompanii;
- 2/ stopień porażenia batalionu /bez kompanii/;
- 3/ stopień porażenia pułku /bez batalionu/.

Stopień porażenia rozumiany jest tutaj jako stosunek rażonej powierzchni efektywnej do całkowitej powierzchni efektywnej.

#### 4.3.2. Ocena strat na bazie modelu hipotetycznych ugrupowań

Model hipotetycznych ugrupowań jest dokładniejszy w stosunku do modelu efektywnych powierzchni i dlatego wymaga dostarczenia większej ilości informacji aniżeli model wyżej wymieniony. Jak zaznaczono w rozdziale drugim, za miarę strat przyjęto tutaj wartość oczekiwaną strat i w związku z tym wchodzi tutaj jeszcze problem zróżnicowania strat w zależności od współczynnika rozpoznania. Analiza porównawcza poszczególnych modeli będzie przedmiotem szczegółowych rozważań w rozdziale następnym. Obecnie przedstawione będą podprogramy bazujące na modelu obiektu z równomiernym rozmieszczeniem wartości jak też na modelu obiektu z nierównomiernym rozmieszczeniem wartości /według krzywej rozkładu normalnego/. Dla potrzeb obydwu modeli opracowano podprogramy do obliczania funkcji Laplace'a /FIL/ oraz funkcji odwrotnej do tej funkcji /PSI/.

##### 4.3.2.1. Podprogramy do obliczania strat przy zastosowaniu modelu obiektu z równomiernym rozmieszczeniem wartości

W tym przypadku wykorzystuje się trzystopniowe prawo rażenia i dlatego logicznym było rozbitcie procesu obliczeń na

dwa etapy:

- a/ w pierwszym - obliczanie strat dla zadanego promienia rażenia;
- b/ w drugim - obliczanie strat obiektu jako superpozycji strat uwzględniając udział prawdopodobieństwa rażenia w poszczególnych strefach porażenia w rejonie wybuchu.

Ad.a/ Podprogram obliczania strat obiektu powierzchniowego przy jednostopniowym prawie rażenia.

Nazwa podprogramu: GPOW.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ połowa głębokości i szerokości obiektu;
- 2/ promień rażenia wybuchu;
- 3/ współczynnik rozpoznania obiektu;
- 4/ współrzędne punktu celowania.

Parametrem wyjściowym podprogramu jest wartość oczekiwana strat obiektu, przy założeniu, że rozpatrywana strefa rażenia jest strefą całkowitego rażenia.

Ad.b/ Podprogram obliczania strat obiektu powierzchniowego dla trzystopniowego prawa rażenia.

Nazwa podprogramu: GPORO.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ połowa głębokości i szerokości obiektu;
- 2/ tablica promieni rażenia;
- 3/ współczynnik rozpoznania obiektu;
- 4/ współrzędne punktu celowania.

Parametrem wyjściowym podprogramu jest wartość oczekiwana strat obiektu z uwzględnieniem trzech stref rażenia.

4.3.2.2. Podprogramy do obliczania strat przy zastosowaniu modelu obiektu z rozmieszczeniem wartości według krzywej rozkładu normalnego

W tym przypadku wykorzystuje się postać ciągłego prawa rażenia i w związku z tym fazy obliczeń są następujące:

- a/ obliczenie współczynnika "k" występującego w ciągłej postaci prawa rażenia;
- b/ obliczenie strat obiektu.

Ad.a/ Podprogram do obliczania współczynnika "k".

Nazwa podprogramu: WSK.

Parametrami wejściowymi podprogramu są promienie rażenia określone dla trzystopniowego prawa rażenia.

Ad.b/ Podprogram do obliczania strat obiektu powierzchniowego.

Nazwa podprogramu: STRATY.

Parametry wejściowe podprogramu:

- 1/ połowa głębokości i szerokości obiektu;
- 2/ tablica promieni rażenia;
- 3/ współczynniki rozpoznania obiektu;
- 4/ współczynnik wartości obiektu;
- 5/ współrzędne punktu celowania.

Parametrem wyjściowym podprogramu jest wartość oczekiwana strat obiektu.

Uwaga: Przedstawione w punkcie 4.3.2. podprogramy do obliczania strat tzn. GPORO i STRATY pozwalają dokonać oceny strat przewidywanych obiektów uderzeń jądrowych wyrażone w elementach względnie jednorodnych i są podstawą do określania strat obiektu w ludziach i sprzęcie

w układzie całościowym. Dokonuje się tego poprzez podsumowanie strat ludzi znajdujących się w różnych rodzajach ukryć oraz zsumowanie strat sprzętu ukrytego i nieukrytego w wybranych grupach.

#### 4.4. Algorytm oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych

Ze względu na dążenie do uzyskania większej przejrzystości i czytelności pracy przedstawiono tutaj opisowy algorytm oceny strat bez zagłębiania się w szczegóły, aczkolwiek niezbędne na etapie pisania programu, jednak utrudniające uchwycenie zasadniczego wątku myślowego przy rozważaniu powyższego problemu. Ponadto przedstawiono strukturę informacyjną rekordów w zbiorze z wynikami pośrednimi, proponując przechowanie w nich najważniejszych informacji niezbędnych do uzyskania tabel wynikowych tj. na przykład:

- zestawienie wybuchów jądrowych wykonanych na ZT i oddziały armii;
- zestawienie strat stanu osobowego i samochodów powstałych w oddziałach i ZT armii;
- zestawienie strat wozów bojowych i rakiet itp.

Opracowanie programów wydruku tak określonych tabel wynikowych, nie powinno nastroić większych trudności nawet średnio przygotowanemu programiście.

##### 4.4.1. Opisowy algorytm obliczania strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych

1/ Przeczytanie bieżącego rekordu danych ze zbioru CHEM-DANEWEJ.

- 2/ Sprawdzenie czy to rekord końca zbioru ?
  - a/ Jeżeli tak, to zapis rekordu końca zbioru do zbioru CHEM-STRATY i koniec obliczeń.
  - b/ Jeżeli nie, to przejście do następnego punktu.
- 3/ Wydzielenie numeru obiektu ze zintegrowanego kodu działania i podstawienie do NRO.
- 4/ Wydzielenie z kodu działania rodzaju działania i rodzaju ukrycia i podstawienie odpowiednio do KRD i KRU.
- 5/ Na podstawie identyfikatorów jednostki /numeru i skrótu nazwy JBP oraz numeru i skrótu nazwy JPP/ odczytanie charakterystyk jednostki pośredniego podporządkowania ze zbioru CHEM-STANY.
- 6/ Na podstawie kodu etatu jednostki /pośredniego podporządkowania/ odczytanie danych normatywnych w zbiorze CHEM-NORMY.
- 7/ Sprawdzenie czy NRO/0 ?
  - a/ Jeżeli tak, to na podstawie kodu etatu JPP i numeru obiektu odczytanie w tabeli PULK-OBIEKTY identyfikatora obiektu uderzenia jądrowego tzn. skrótu nazwy obiektu. Na podstawie skrótu nazwy obiektu odczytanie w tabeli OBIEKT-CECHY charakterystyk obiektu.
  - b/ Jeżeli nie to realizuje się punkty następne tylko dla JPP /jest zarazem opłacalnym obiektem/.
- 8/ Na podstawie tabeli ilości ludzi w czołgu, BWP i transporterze obliczenie ilości ludzi JPP i obiektu /KRD i KRU indeksy tabeli/:
  - nieukrytych w czołgach, BWP lub transporterach;
  - znajdujących się w czołgach;
  - znajdujących się w BWP lub transporterach.

- 9/ Obliczenie procentowego rozmieszczenia stanu osobowego JPP i obiektu znajdującego się w różnych rodzajach ukryć na podstawie:
- tabeli procentowego rozmieszczenia stanu osobowego znajdującego się poza czołgami, transporterami lub BWP /patrz punkt 4.1.7 podpunkt 4/;
  - danych o stanie osobowym obliczonych w punkcie 8;
  - rodzaju rozbudowy inżynierskiej rejonu, rodzaju i typu elementów ugrupowania bojowego jednostek /KRU/.
- 10/ Obliczenie strat ogólnych i bezpowrotnych stanu osobowego JPP i obiektu z uwzględnieniem procentowego rozmieszczenia obliczonego w punkcie 9.
- 11/ Obliczenie strat ludzi w czołgach i transporterach /obliczenie strat załóg czołgów i BWP/ JPP i obiektu.
- 12/ Obliczenie strat sprzętu JPP i obiektu z uwzględnieniem stopnia ukrycia /współczynniki zmniejszenia promieni rażenia sprzętu ukrytego/ i kodu rodzaju ukrycia w wybranych grupach.
- 13/ Jeżeli ilość jednakowych wybuchów większa od jedności, to pomnożenie strat stanu osobowego i sprzętu techniczno-bojowego przez tę liczbę /wykorzystuje się tutaj założenie o nienakładaniu się stref wybuchów - zasada maksymalizacji strat/.
- 14/ Zapis bieżącego rekordu ze stratami i z danymi sterującymi do zbioru CHEM-STRATY.
- 15/Powrót do punktu 1.

#### 4.4.2. Struktura informacyjna rekordów w zbiorze CHEM-STRATY

- 1/ Numer i skrót nazwy związku taktycznego lub samodzielnego oddziału.

Rozdział 2

- 2/ Numer i skrót nazwy oddziału lub samodzielnego pododdziału.
- 3/ Kod etatu oddziału.
- 4/ Ilość jednakowych wybuchów /dla elementu wzmocnienia zero/.
- 5/ Moc wybuchu jądrowego.
- 6/ Straty bezpowrotne stanu osobowego.
- 7/ Straty ogólne stanu osobowego.
- 8/ Straty załóg czołgów.
- 9/ Straty załóg BWP.
- 10/ Straty sprzętu techniczno-bojowego według dwudziestu trzech grup jednorodnych jak w zbiorze CHEM-ETATY /punkt 4.1.2/.

- 1/ obliczenia wartości oczekiwanej strat obiektu prostokątnego o równomiernie rozłożonej wartości;
- 2/ obliczenia wartości oczekiwanej strat obiektu prostokątnego o nierównomiernie rozłożonej wartości;
- 3/ obliczenia stopnia rażenia obiektu prostokątnego o równomiernie rozłożonej wartości.

Dane wejściowe są następujące informacje zapisane w dwóch rekordach:

- 1/ pierwszy rekord zawiera:
  - połowę głębokości obiektu,
  - połowę szerokości obiektu,
  - współczynnik rozprzeczania obiektu,
  - współczynnik wartości obiektu /nie musi występować
  - przy braku przyjmowana jest wartość jeden/;
- 2/ drugi rekord zawiera:

## Rozdział 5

### Badanie poprawności modeli i typowe przykłady zastosowań

#### 5.1. Badanie poprawności modeli

Badanie poprawności przedstawionych w rozprawie modeli będzie przeprowadzone w dwóch etapach:

- 1/ badanie poprawności formalnej,
- 2/ badanie poprawności merytorycznej.

Dla zbadania poprawności formalnej opracowano pomocniczy program o identyfikatorze #SPOWA /patrz załącznik 2/ służący do określania strat obiektu powierzchniowego w kształcie prostokąta. W programie tym są wykorzystane następujące metody:

- 1/ obliczania wartości oczekiwanej strat obiektu prostokątnego o równomiernie rozmieszczonej wartości;
- 2/ obliczania wartości oczekiwanej strat obiektu prostokątnego o nierównomiernie rozmieszczonej wartości;
- 3/ obliczania stopnia rażenia obiektu prostokątnego o równomiernie rozmieszczonej wartości.

Danymi wejściowymi są następujące informacje zapisane w dwóch rekordach:

- 1/ pierwszy rekord zawiera:
  - połowę głębokości obiektu,
  - połowę szerokości obiektu,
  - współczynnik rozpoznania obiektu,
  - współczynnik wartości obiektu /nie musi występować
  - przy braku przyjmowana jest wartość jeden/;
- 2/ drugi rekord zawiera:

- moc wybuchu jądrowego,
- rodzaj wybuchu jądrowego,
- wartość przyrostu współrzędnych miejsca wybuchu wzdłuż osi równoległych do boków prostokąta obiektu /krok obliczeń/.

W wyniku przebiegu programu otrzymuje się macierz strat obiektu powierzchniowego /z wyłączeniem pierwszego wiersza i pierwszej kolumny/ w jednym z trzech dopuszczalnych wariantów:

- 1/ przy ustawionym 1-szym bicie - wartość oczekiwana strat obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości;
- 2/ przy ustawionym 2-gim bicie - stopień rażenia powierzchni obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości;
- 3/ przy nieustawionym żadnym lub ustawionych obydwu bitach - wartość oczekiwana strat obiektu o nierównomiernie rozmieszczonej wartości.

Pierwszy wiersz i pierwsza kolumna macierzy strat zawiera wartości współrzędnych miejsca wybuchu odpowiednio wzdłuż osi  $x$  i  $y$ .

Koniec obliczeń programu następuje po wczytaniu rekordu z czterema gwiazdkami. Dane należy przygotować na kartach. Dla jednego zestawu danych /dwa rekordy/ obliczane są straty obiektu powierzchniowego w stanie osobowym: - znajdującym się poza ukryciami; - znajdującym się w czołgach; - znajdującym się w transporterach opancerzonych.

Badanie poprawności formalnej rozpoczęto od wykorzystania występującego zjawiska symetrii obiektu, bowiem dla takiego przypadku powinna również zachodzić symetria strat obiektu względem współrzędnych wybuchu. Oznaczając przez

$S(x, y, s, g, q, i, j)$  straty obiektu powierzchniowego, prawidłowość powyższą można zapisać następująco:

jeżeli  $s=g=d$  to

$$S(x, y, d, d, q, i, j) = S(y, x, d, d, q, i, j)$$

gdzie:  $x, y$  - współrzędne miejsca wybuchu,

$s, g$  - szerokość i głębokość obiektu,

$q$  - moc wybuchu jądrowego,

$i$  - rodzaj wybuchu jądrowego,

$j$  - rodzaj względnie jednorodnego elementu obiektu.

Tę prawidłowość można zilustrować wynikami obliczeń strat stanu osobowego znajdującego się np. w transporterach opancerzonych, od powietrznego wybuchu jądrowego o mocy 20kt, rozmieszczonego w rejonie w kształcie kwadratu o boku 2 km. Wartość trzech promieni rażenia stanu osobowego ukrytego w transporterach wynoszą odpowiednio 1.164, 1.253 i 1.417 km. Wyniki obliczeń strat dla takiego przypadku zestawione są w trzech tabelach załącznika 1. Tabela Z1.1 zawiera wartości oczekiwane strat dla obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości - dla współczynnika rozpoznania równego jedności. Tabela Z1.2 podaje wielkości stopnia porażenia obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości, natomiast tabela Z1.3 wartości oczekiwane strat dla obiektu o nierównomiernie rozmieszczonej wartości. Analizując wyniki zawarte w tabelach łatwo można dostrzec, że symetria strat obiektu występuje w każdej z tabel z dokładnością do kilku tysięcznych. Taka dokładność wynika z przybliżonego potraktowania problemu. Nietrudno również dostrzec zgodność wyników zawartych w tabeli Z1.1 z wynikami w tabeli Z1.2. Fakt występowania tak wysokiej zbieżności związany jest z tym, że w granicznym

przypadku tzn. dla obiektu w pełni rozpoznanego wartość oczekiwana strat powinna być równa stopniowi porażenia obiektu. Analizując wyniki zawarte w tabelach Z1.1 i Z1.3 łatwo zauważyć, że zdecydowanie różnią się między sobą. Różnice te spowodowane są faktem występowania odmiennych rozkładów wartości obiektu tak w jednym jak i w drugim modelu. Analizując wyniki tylko z tabeli Z1.3 nietrudno dostrzec, że w odpowiadającym temu wariantowi modelu, rozkład wartości obiektu według krzywej Gaussa implikuje skupienie jej w centrum obiektu, a tym samym gwałtowne zmniejszenie się strat w pewnej odległości od jego centrum /współczynnik wartości obiektu równy jest jedności/. Tak duże różnice pomiędzy stratami obliczonymi według różnych modeli nie występują w takim przypadku, gdy współczynnik rozpoznania jest równy 0.9. Wyniki odpowiadające temu wariantowi są podane w tabelach Z1.4 i Z1.5. Różnice pomiędzy zawartymi tam - odpowiadającymi sobie - danymi są nie większe od kilku procent. W uzupełnieniu, należy dodać, że wyniki z tabeli Z1.4 odpowiadają modelowi obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości. Prowadząc dalej analizę porównawczą strat, ale dla różnych współczynników rozpoznania np. dla wartości 0.9 /tabele Z1.4 i Z1.5/ i dla wartości 0.7 /tabele Z1.6 i Z1.7/ - łatwo zauważyć, że przy zmniejszaniu się tego współczynnika wartości oczekiwane strat maleją dla wybuchu znajdującego się w pobliżu centrum obiektu a w miarę zwiększania się tej odległości relatywnie biorąc wzrastają. Zjawisko to związane jest ze wzrostem parametrów rozrzutu miejsca wybuchu dla malejącego współczynnika rozpoznania i występuje z mniejszym lub większym nasileniem dla każdego modelu rozmieszczenia wartości obiektu.

Analizę takiego charakteru możnaby przeprowadzić również dla innych obiektów powierzchniowych i uzyskać podobne wnioski. Bardziej interesującym będzie zapewne porównanie wartości oczekiwanych strat wyznaczanych proponowanymi w rozprawie metodami z danymi tabelarycznymi podanymi w poradniku [6]. Nadmieniam się, że poradnik ten jest nadal obowiązującym dokumentem do prowadzenia oceny strat wojsk na równi z innymi dokumentami tego charakteru. Aby możliwe było przeprowadzenie takiego porównania, trzeba znaleźć związek pomiędzy współczynnikiem rozpoznania obiektu  $P_w$  a kołowym odchyleniem prawdopodobnym  $B$ . W tym celu wykorzystuje się zależności /2.3.7.5/ i /2.3.4.6/, które zapisuje się następująco dla przypadku  $d=b$  tzn. dla obiektu w kształcie kwadratu:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma = \frac{d}{\sqrt{2} \Psi(P_w)}$$

gdzie:  $P_w$  - współczynnik rozpoznania obiektu,

$d$  - połowa głębokości obiektu,

$\Psi$  - funkcja odwrotna do funkcji Laplace'a.

Związek pomiędzy odchyleniem standardowym  $\sigma$  a odchyleniem prawdopodobnym  $B$  jest następujący:

$$\sigma\sqrt{2} = \frac{B}{S}$$

gdzie:  $S = 0.4769$  - stała.

Podstawiając tę zależność do wzoru na  $\sigma$  i przekształcając otrzymuje się:

$$B = S \frac{d}{\Psi(\sqrt{P_w})} \quad /5.1.1/$$

Wykorzystując powyższe wyrażenie oraz tablice wartości funkcji Laplace'a [43] można wyznaczyć odchylenie prawdopodobne  $B$  od-

powiadające współczynniki rozpoznania  $P_w$ , obiektu w kształcie kwadratu o oboku równym  $2d$ . Dla porównania wyników otrzymywanych różnymi metodami, przeprowadzono obliczenia wartości oczekiwanych strat obiektu o boku  $2 \text{ km}$ , od wybuchów powietrznych o mocy  $20$  i  $10 \text{ kt}$ , dla ludzi znajdujących się poza ukryciami oraz ukrytych w ozołgach i transporterach opancerzonych. Wypadkowy promień rażenia wyznaczono, bazując na równoważności rażonych powierzchni dla trójpromieniowego i jednopromieniowego prawa rażenia z następującego wzoru:

$$R = 0.5 \sqrt{R_{100}^2 + 2R_{50}^2 + R_{05}^2} \quad /5.1.2/$$

Wypadkowy promień rażenia jest potrzebny dla odczytania wartości oczekiwanych strat obiektu kołowego o powierzchni  $4 \text{ km}^2$  zawartych w poradniku [40]. Wyniki obliczania strat dla różnych metod zestawiono w tabeli 5.1.1, oznaczając przez:

- R - wartości oczekiwane strat dla obiektu o równomiernie rozmieszczonej wartości;
- N - wartości oczekiwane strat dla obiektu o nierównomiernie rozmieszczonej wartości;
- P - wartości oczekiwane strat obiektu odczytane z poradnika [40].

Z porównania rezultatów zawartych w tabeli 5.1.1 wynika duża zbieżność metody bazującej na równomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu z metodą "poradnikową". Rozbieżności występujące tutaj nie przekraczają półtora procent. Nieco gorsza zbieżność występuje w wynikach uzyskiwanych metodą bazującą na nierównomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu z wynikami zawartymi w poradniku [40], lecz nie przekracza dziesięciu procent. Zaprezentowane tutaj wyniki są dosyć fragmentaryczne, ale nie ma to większego znaczenia ze względu na to,

Tabela 5.1.1

Wartości oczekiwane strat obiektu o powierzchni  
4 km<sup>2</sup> przy centralnym uderzeniu w obiekt

Moc wybuchu powie- trznego w kt	Rodzaj ukrycia stanu osobowego	Promienie rażenia wybuchu jądrowego w km			R	1 / 0 /	Wartości oczekiwane strat dla różnych P <sup>w</sup> lub B	Rodzaj metody obli- czenia strat
		R <sub>100</sub>	R <sub>50</sub>	R <sub>05</sub>				
20	nieukryci	1.904	2.330	2.851	2.377	1	0.988 0.989 0.985	R N P
		0.938	0.990	1.056	0.9944	0.771 1	0.538 0.608 0.530	R N P
		1.164	1.253	1.417	1.275	0.968 1 0.97	0.732 0.781 0.73	R N P
10	nieukryci	1.430	1.726	2.126	1.769	1	0.917 0.930 0.93	R N P
		0.849	0.897	0.956	0.900	0.627 0.63	0.465 0.536 0.48	R N P
		1.046	1.127	1.274	1.146	0.913 0.9	0.648 0.709 0.64	R N P

że zasadniczym zadaniem autora nie jest tworzenie identycznej metodyki z metodyką przedstawioną w poradniku [40], lecz pokazanie zbieżności tworzonej ogólniejszej metodyki z istniejącą metodyką /dla pewnych szczególnych przypadków/. Jest to potrzebne do tego, aby pokazać przydatność przedstawionych w rozprawie metod nie tylko do oceny strat wojsk własnych, ale również do oceny strat wojsk przeciwnika lub ogólniej do oceny efektywności wykonanych lub planowanych uderzeń jądrowych na wojska przeciwnika. W tym celu dokonano również zestawienia wartości oczekiwanych strat obiektu liniowego o długości 2 km w tabeli 5.1.2 o podobnym układzie jak dla obiektu powierzchniowego. Dla dopełnienia wymienionej tabeli wykorzystano program #POWA służący do obliczania strat obiektów powierzchniowych. Zgodnie z przyjętymi w opracowaniu [40] założeniami, obiekt powierzchniowy może być traktowany jako liniowy jeżeli jeden jego wymiar jest co najmniej dwa razy większy od drugiego.

W związku z powyższym przy pomocy tego programu obliczono wartości oczekiwane strat obiektu prostokątnego o wymiarach 2 km x 1 km, traktując go jako obiekt liniowy o długości 2 km. Ponadto aby mieć odniesienie wyników zawartych w opracowaniu [40] do otrzymanych przy pomocy programu #POWA, trzeba było znaleźć związek pomiędzy współczynnikiem rozpoznania obiektu a kołowym odchyleniem prawdopodobnym dla różnych  $\sigma_x$  od  $\sigma_y$ . W tym celu wykorzystano zależność /2.3.7.5/ oraz przybliżony wzór na obliczenie kołowego odchylenia standardowego [28] w postaci:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

Podstawiając za  $\sigma_x$  i  $\sigma_y$  zależności /2.3.7.5/ otrzymuje się wyrażenie następujące:

Wartości oczekiwane strat obiektu liniowego  
o długości 2 km

Kątowe odchylenie prawdopod. w km	Współczynnik roz- poznania obiektu	Promień rażenia w km	Odległość od środka obiektu km			Rodzaj metody
			0	0.4	0.8	
0.2	0.984659	2.377	1	0.997	0.981	R
			1	0.999	0.994	N
			1	0.995	0.99	P
		0.9944	0.807	0.732	0.561	R
			0.916	0.843	0.614	N
			0.83	0.76	0.62	P
1.275	0.930	0.865	0.705	R		
	0.978	0.939	0.793	N		
	0.95	0.88	0.75	P		
0.25	0.935089	2.377	0.998	0.994	0.971	R
			0.999	0.996	0.98	N
			0.995	0.99	0.98	P
		0.9944	0.761	0.699	0.547	R
			0.832	0.758	0.571	N
			0.78	0.70	0.57	P
1.275	0.895	0.838	0.692	R		
	0.930	0.881	0.734	N		
	0.92	0.84	0.73	P		
0.4	0.668306	2.377	0.98	0.969	0.931	R
			0.958	0.945	0.903	N
			0.987	0.98	0.95	P
		0.9944	0.614	0.577	0.479	R
			0.544	0.515	0.435	N
			0.60	0.55	0.47	P
1.275	0.770	0.732	0.627	R		
	0.705	0.673	0.586	N		
	0.79	0.73	0.63	P		
0.5	0.508940	2.377	0.953	0.939	0.896	R
			0.893	0.879	0.836	N
			0.96	0.95	0.91	P
		0.9944	0.518	0.493	0.423	R
			0.409	0.393	0.350	N
			0.49	0.46	0.38	P
1.275	0.679	0.650	0.570	R		
	0.562	0.542	0.488	N		
	0.67	0.64	0.56	P		

$$\sigma = \frac{1}{2 \Psi(\sqrt{P_w})} \sqrt{d^2 + b^2}$$

lub wykorzystując wcześniej zapisany związek pomiędzy  $\sigma$  i B wyrażenie na kołowe odchylenie prawdopodobne:

$$B = \frac{S}{\sqrt{2} \Psi(\sqrt{P_w})} \sqrt{d^2 + b^2} \quad /5.1.3/$$

gdzie: d - połowa głębokości obiektu,

b - połowa szerokości obiektu.

Bazując na /5.1.3/ i warunku  $b=0.5d$  można wyznaczyć wzór na współczynnik rozpoznania obiektu liniowego dla zadanych wartości B i d:

$$P_w = \left[ \Phi\left( S \frac{\sqrt{5}d}{2\sqrt{2}B} \right) \right]^2 \approx \left[ \Phi\left( S \frac{0.79d}{B} \right) \right]^2 \quad /5.1.4/$$

W tabeli 5.1.2 podano wartości współczynnika rozpoznania obiektu liniowego wyznaczone w oparciu o powyższy wzór, będące danymi wejściowymi do programu #POWA. Przy tym można nadmienić, że wartość kołowego odchylenia prawdopodobnego obliczona na podstawie przybliżonej zależności /5.1.3/ mało różni się od wartości wyznaczonej na podstawie tabeli II.1 poradnika [40] dla wartości  $B_y = 0.5B_x$  i prawdopodobieństwa porażenia obiektu równego 90 %. Analizując różnice pomiędzy wynikami zawartymi w tabeli 5.1.2 łatwo zauważyć, że są większe dla metod oznaczonych symbolicznie przez N i P od różnic pomiędzy wynikami dla metod oznaczonych przez R i P. Jest tutaj pełna analogia do wyników odpowiadających obiektowi powierzchniowemu. Prawidłowość tutaj występującą można wyjaśnić tym, że metody oznaczone przez R i P mają zasadniczy wspólny element - bazują na równomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu - co jednak zdaniem autora jest jedno-

częściej ich mankamentem, bowiem nigdy z całkowitą pewnością nie można powiedzieć, że wartość obiektu będzie rozmieszczona w granicach normatywnych.

Metoda oznaczona przez N ma pod tym względem przewagę nad metodami oznaczonymi przez R i P. Ponadto korzystając z rachunku prawdopodobieństwa, a w szczególności bazując na centralnym twierdzeniu granicznym, które przekładając na język praktycznych zastosowań można powiedzieć, że taka wielkość przypadkowa która kształtuje się pod wpływem wielu różnych czynników losowych, może być opisana za pomocą zmiennej losowej o rozkładzie normalnym. Właśnie na tej podstawie przyjęto gaussowski charakter nierównomierności rozmieszczenia wartości obiektu, bowiem kształtuje ją szereg mniej lub więcej losowych wielkości, jak np. teren, rodzaj wykonywanego zadania, ukończenie, charakter działań, pora roku itp. czynniki lub zjawiska mogące mieć wpływ na powodzenie działań bojowych. Przypadkowość ta jest rozpatrywana z punktu widzenia prognozującego skutki uderzeń jądrowych, który siłą faktu nie może mieć pełnych danych o elemencie podlegającym prognozie, ponieważ jest to w rzeczywistych warunkach nierealizowalne.

Analizując powyższe zagadnienia, należy nadmienić, że rozważania na temat charakteru rozkładu wartości obiektu wychodzą już poza zakres badania poprawności formalnej opracowanych metod, ale mieszczą się jeszcze w ramach problematyki analizy strat elementów względnie jednorodnych znajdujących się na obiektach prostych. Przy tym pod pojęciem obiektu prostego autor rozumie obiekt niepodzielny z punktu widzenia oceny strat w rejonach wybuchów jądrowych.

Na przykład za obiekty proste można uznać pododdziały takie jak kompanie piechoty lub baterie artylerii. Przeciwieństwem obiektów prostych są obiekty złożone. Mogą to być np. wyróżnione obiekty armijne lub dywizyjne, które będą przedmiotem badań w następnym punkcie tego rozdziału.

Dla uzupełnienia analizy strat obiektów prostych metodą oznaczoną symbolicznie przez  $N$ , należy dodać, że wyniki zawarte w tabelach 5.1.1 i 5.1.2 odpowiadają współczynnikowi wartości obiektu równemu 1. Dla porównania wyników odpowiadających wymienionej metodzie dla różnych współczynników wartości obiektu przygotowano tabelę 5.1.3, w której zapisano straty obiektu liniowego o długości 2 km dla różnych współczynników wartości obiektu. Jak widać z załączonej tabeli różnice pomiędzy wynikami są dosyć znaczne, większe dla małych wartości odchylenia kołowego a mniejsze dla dużych. Prawidłowość tę można uzasadnić tym, że dla małego rozrzutu rozproszenie wartości obiektu powoduje "wyjście" jej poza granice strefy rażenia wybuchu a tym samym znaczne zmniejszenie strat obiektu, natomiast dla większego rozrzutu strefa rażenia wybuchu obejmuje większy obszar z rozproszoną wartością obiektu i stąd różnice są mniejsze.

Rozważane metody oceny strat obiektów prostych dotyczą modelu hipotetycznych ugrupowań. W modelu efektywnych powierzchni odpowiednikiem obiektu prostego jest element opisany funkcją /2.2.3/ znajdujący się w pierwszym przedziale zmienności promienia wyróżnionego obiektu. Istotnym nowum tej funkcji w stosunku do dotychczasowych opracowań np. [16], [21], [22] i [17] jest uwzględnienie liniowości obiektu powierzchniowego. Dla pokazania z jaką dokładnością jest to

Tabela 5.1.3

Zestawienie wartości oczekiwanych strat obiektu liniowego o długości 2 km obliczonych metodą N dla współczynnika wartości obiektu równego 1 i 0.9

Kątowe odchył. w km	Współcz. rozpozn. obiektu	Promień rażenia w km	Odległość od środka obiektu w km				
			0	0.4	0.8	1.2	1.6
0.2	0.984659	2.377	1 0.983	0.999 0.973	0.994 0.937	0.966 0.870	0.874 0.762
		0.9944	0.916 0.652	0.843 0.609	0.614 0.493	0.325 0.346	0.115 0.209
		1.275	0.978 0.801	0.939 0.760	0.793 0.646	0.531 0.487	0.255 0.323
0.25	0.935089	2.377	0.999 0.971	0.996 0.959	0.980 0.920	0.933 0.849	0.828 0.742
		0.9944	0.832 0.593	0.758 0.558	0.571 0.462	0.345 0.338	0.16 0.218
		1.275	0.930 0.751	0.881 0.714	0.734 0.614	0.515 0.475	0.290 0.328
0.4	0.668306	2.377	0.958 0.905	0.943 0.890	0.903 0.847	0.830 0.776	0.725 0.682
		0.9944	0.544 0.423	0.515 0.406	0.435 0.359	0.329 0.292	0.222 0.219
		1.275	0.705 0.582	0.673 0.561	0.586 0.503	0.462 0.419	0.330 0.323
0.5	0.508940	2.377	0.893 0.838	0.879 0.824	0.836 0.785	0.766 0.722	0.674 0.641
		0.9944	0.409 0.337	0.393 0.327	0.350 0.298	0.288 0.255	0.219 0.205
		1.275	0.562 0.478	0.542 0.465	0.488 0.426	0.410 0.369	0.320 0.302

robione, przygotowano tabelę 5.1.4 w której zestawiono wyniki dokładne z obliczonymi przy pomocy funkcji /2.2.3/.

Z tabeli tej wynika, że błąd zastosowanego przybliżenia nie przekracza 10 % wartości obiektu. Aby uświadomić sobie czy błąd ten jest duży, czy też mały zostanie przeanalizowany obiekt o wymiarach  $1 \times 2 \text{ km}^2$ . Zakładając, że jest to obiekt kołowy o powierzchni  $2 \text{ km}^2$  otrzymuje się całkowite porażenie już dla promienia  $0.798 \text{ km}$ , gdy według funkcji /2.2.3/ stopień rażenia obiektu o tych wymiarach wynosi  $0.6607$  natomiast dokładna wartość wynosi  $0.745$ . Łatwo zauważyć, że błąd przybliżenia przy pomocy obiektu kołowego jest znacznie wyższy od błędu przybliżenia za pomocą funkcji /2.2.3/. Błąd ten można by jeszcze zmniejszyć modyfikując formułę na wyznaczenie promienia obiektu, jednak mając na uwadze błędy związane z przygotowaniem danych, które częstokroć znacznie przekraczają wielkość 10 %, dalsze udokładnianie obliczeń wydaje się niecelowe.

W zakończeniu rozważań nad poprawnością wzoru /2.2.3/ należy stwierdzić, że najwyższą jego zaletą jest możliwość płynnego uwzględniania wydłużania się obiektu powierzchniowego, bez konieczności dokonywania skokowego podziału na liniowe i powierzchniowe. Wracając do problemu badania poprawności merytorycznej należy nadmienić, że będzie on rozważany w trakcie analizy wyników strat wyróżnionych obiektów w dalszej części tego rozdziału.

Tabela 5.1.4

Zestawienie strat obiektów powierzchniowych obliczonych za pomocą przybliżonej funkcji /2.2.3/ i dokładnie

Wymiary obiektu w km		Promień obiektu w km	Promień rażenia w km	Stopień porażenia obiektu	
s	g	$r_1$ wg /2.2.1/		przybliżony	dokładny
1	1	0.6035	0.5	0.6863	0.7854
			1	1	1
			1.5	1	1
1	2	1.0590	0.5	0.3470	0.3927
			1	0.9179	0.9566
			1.5	1	1
1	3	1.5405	0.5	0.2515	0.2618
			1	0.5732	0.6377
			1.5	0.9651	0.9814
1	4	2.0307	0.5	0.1998	0.1963
			1	0.4299	0.4783
			1.5	0.6904	0.7361
1	5	2.5247	0.5	0.1663	0.1571
			1	0.3482	0.3826
			1.5	0.5459	0.5889
1	6	3.0207	0.5	0.1425	0.1309
			1	0.2941	0.3188
			1.5	0.4549	0.4907

1/ przy uwzględnieniu promienia obiektu - strata wyrażona w procentach obiektu obliczona według efektywnej powierzchni.

Wyniki pierwszych trzech wariantów dotyczą modelu hipotetycznych ugrupowań.

Dane wejściowe do programu są następujące grupy danych:

1/ skrót nazwy wyróżnionego obiektu

2/ liczba elementów wyróżnionego obiektu i liczba względnie

jednorodnych grup sprytu /jeżeli nie jest podana przypisuje się 7/.

## 5.2. Przykłady zastosowań modeli wyróżnionych obiektów

### 5.2.1 Opis programu obliczania strat wyróżnionych obiektów armijnych POLK

Dla pokazania możliwości różnych metod w zakresie oceny strat wojsk w rejonach wybuchów jądrowych opracowano pomocniczy program o kryptonimie POLK dający wyniki - w zależności od ustawienia bitów w słowie sterującym programu - w czterech wariantach:

- 1/ przy nieustawionym żadnym bicie - straty wyróżnionego obiektu obliczone metodą N tzn. dla wartości obiektu prostego rozmieszczonej według rozkładu normalnego;
- 2/ przy ustawionym 1-szym bicie - straty wyróżnionego obiektu obliczone metodą R tzn. dla wartości obiektu prostego rozmieszczonej równomiernie;
- 3/ przy ustawionym 2-gim bicie - straty wyróżnionego obiektu obliczone metodą tradycyjną tzn. dla wartości obiektu rozmieszczonej równomiernie i bez uwzględnienia współczynnika rozpoznania  $P_w$  /graniczny przypadek metody R dla  $P_w=1/$ ;
- 4/ przy ustawionym 3-cim bicie - straty wyróżnionego obiektu obliczone metodą efektywnych powierzchni.

Wyniki pierwszych trzech wariantów dotyczą modelu hipotetycznych ugrupowań.

Danymi wejściowymi do programu są następujące grupy danych:

- 1/ skrót nazwy wyróżnionego obiektu;
- 2/ liczba elementów wyróżnionego obiektu i liczba względnie jednorodnych grup sprzętu /jeżeli nie jest podana przyjmuje się 7/;

3/ charakterystyki elementów wyróżnionego obiektu dla zadanej liczby elementów w układzie dwóch rekordów:

a/ pierwszy rekord zawiera

- numer i skrót nazwy elementu,
- współrzędne x,y środka elementu zapisane w lokalnym układzie współrzędnych w km,
- kąt nachylenia elementu względem osi x lokalnego układu,
- szerokość i głębokość rejonu zajmowanego przez element w rozpatrywanym rodzaju działań bojowych w km,
- liczba stanu osobowego elementu,
- liczba elementów jednorodnych, jeżeli charakteryzowany element nie jest obiektem prostym,
- szerokość i głębokość rejonu zajmowanego przez obiekt prosty w km;

b/ drugi rekord zawiera

- ilość sprzętu elementu w grupach względnie jednorodnych,
- procent ukrycia ludzi w czołgach i transporterach danego elementu /jeżeli nie są podane, do obliczeń przyjmuje się wartości średnie jak dla całego wyróżnionego obiektu/,
- współczynnik wartości obiektu /jeżeli nie jest podany, do obliczeń przyjmuje się wartość jak dla całego wyróżnionego obiektu/;

4/ średni procent ukrycia stanu osobowego wyróżnionego obiektu w różnych rodzajach ukryć;

5/ numery jednorodnych grup sprzętu odniesione do podprogramu obliczania promieni rażenia sprzętu;

- 6/ liczba wybuchów jądrowych wykonanych na wyróżniony obiekt;
- 7/ parametry wybuchów jądrowych /alternatywne sposoby podawania parametrów/:
  - a/ położenie wybuchu zadane współrzędnymi:
    - współrzędne x,y epicentrum wybuchu,
    - rodzaj wybuchu /O-Nz,1-P/,
    - moc wybuchu,
    - współczynnik rozpoznania obiektu /jeżeli nie jest podany, do obliczeń przyjmuje się wartość średnią dla wyróżnionego obiektu/;
  - b/ położenie wybuchu zadane poprzez wskazanie obiektu uderzenia:
    - liczba "77" zamiast współrzędnej x,
    - numer elementu wyróżnionego obiektu na który wykonano wybuch, zamiast współrzędnej y /jeżeli podzielny, to na pierwszy element jednorodny/,
    - rodzaj wybuchu,
    - moc wybuchu,
    - współczynnik rozpoznania obiektu /jeżeli nie podany, to jak wyżej/;
- 8/ średnie dla wyróżnionego obiektu - współczynnik rozpoznania obiektu i współczynnik wartości obiektu;
- 9/ dana sterująca pracą programu:
  - a/ jeżeli 1 -to powtórzyć obliczenia strat wyróżnionego obiektu wprowadzając nowe parametry wybuchów,
  - b/ jeżeli 2 - to przeprowadzić obliczenia dla nowego zestawu danych wejściowych,
  - c/ jeżeli 3 - to powtórzyć obliczenia strat wyróżnionego obiektu dla innych współczynników rozpoznania i wartości obiektu,

d/ jeżeli 4 - to koniec obliczeń.

Dodatkowo należy zaznaczyć, że dane wyszczególnione w punkcie 3 czytane są tyle razy, ile podanych jest elementów wyróżnionego obiektu w punkcie 1. W podobny sposób czytane są parametry wybuchów jądrowych ujęte w punkcie 7.

Wszystkie dane wejściowe wprowadzane do programu są wyprawdane na drukarkę wierszową w takim samym układzie graficznym, w jakim były przygotowane na kartach perforowanych.

Układ wyników jest następujący:

- 1/ skrót nazwy wyróżnionego obiektu /ośmioznakowy/ w jednym wierszu;
- 2/ rekordy z wynikami strat elementów wyróżnionego obiektu w postaci:
  - ośmioznakowego skrótu nazwy elementu obiektu,
  - liczby wybuchów wykonanych na element obiektu,
  - sumarycznej mocy wybuchów wykonanych na element obiektu,
  - strat stanu osobowego elementu obiektu,
  - strat sprzętu techniczno-bojowego w zadeklarowanych grupach względnie jednorodnych;
- 3/ rekord podsumowujący straty ludzi i sprzętu za cały wyróżniony obiekt;
- 4/ rekord zawierający podsumowanie stanu osobowego i sprzętu wyróżnionego obiektu.

Dla zapewnienia większej czytelności wyników, można podać w pierwszym rekordzie danych wejściowych dodatkowe objaśnienie tzn. obok ośmioznakowego skrótu nazwy wyróżnionego obiektu np. komentarz zawierający wyszczególnienie skrótów nazw rozpatrywanego sprzętu.

Dla uzupełnienia podaje się numery jednorodnych grup

sprzętu odniesione do podprogramu obliczania promieni rażenia, które są następujące:

- 1 - wyrzutnie rakiet operacyjno-taktycznych,
- 2 - śmigłowce,
- 3 - działa artylerii naziemnej,
- 4 - działa artylerii przeciwlotniczej,
- 5 - moździerze,
- 6 - granatniki i karabiny,
- 7 - ciężkie karabiny maszynowe oraz karabiny maszynowe przeciwlotnicze,
- 8 - granatniki SPG,
- 9 - czołgi średnie i ciężkie,
- 10 - czołgi lekkie i działa samobieżne,
- 11 - transportery opancerzone,
- 12 - samochody ciężarowe i cysterny,
- 13 - radiostacje na samochodach,
- 14 - ciągniki gąsienicowe,
- 15 - traktory gąsienicowe,
- 16 - stacje radiolokacyjne typu SON-4,
- 17 - stacje radiolokacyjne typu P-12M i P-15,
- 18 - radiostacje przenośne.

Rodzaje ukrycia stanu osobowego uwzględnione w programie są następujące:

- 1 - ludzie nieukryci lub ukryci w samochodach,
- 2 - ludzie w czołgach,
- 3 - ludzie w transporterach opancerzonych,
- 4 - ludzie w transzejach,
- 5 - ludzie w przykrytych szczelinach,
- 6 - ludzie w schronach przedpiersiowych,
- 7 - ludzie w schronach typu lekkiego.



Procenty ukrycia zapisane w powyższej tabeli dotyczą stanu osobowego znajdującego się poza czołgami i transporterami. Tabela 5.2.1.1 może spełniać rolę pomocniczą przy przygotowaniu danych do programu POLK. Ilustrując sposób korzystania z tabeli, dla przykładu można określić średnie procenty ukrycia stanu osobowego pułku zmechanizowanego znajdującego się w rejonie obrony, rozbudowanym w czasie nie większym od 12 godzin  $/RI=2/$ , jako następujące dane: 60 0 0 0 25 15 0. Oznacza to, że ludzie tego pułku znajdujący się poza czołgami i transporterami będą rozmieszczeni w 60% poza ukryciami lub w samochodach, w 25 % w przykrytych szczelinach a w 15 % w schronach przedpiersiowych. Rozkład procentowy strat stanu osobowego znajdującego się w różnych rodzajach ukryć zawarty w tabeli 5.2.1.1 był również wykorzystywany przy opracowaniu metodyki oceny strat w dywizji pancernej i zmechanizowanej [33].

#### 5.2.2. Algorytm programu POLK

Program POLK zawiera szereg możliwości, które trudno uwidocznic dokonując tylko zwięzłego opisu. Ponadto program ten po niewielkich przeróbkach może być wykorzystany jako moduł większego programu dokonującego oceny strat wojsk nie tylko wyróżnionych obiektów armijnych, ale również dywizji lub armii. Z tego właśnie względu autor nie wnikał szczegółowo w sposób oceny strat wyróżnionych obiektów w rozdziale 4 rozprawy, ponieważ będzie to przedstawione obecnie.

Różnica pomiędzy algorytmem modułu a samodzielnego programu polega na sposobie pobierania danych - moduł będzie

- pobierał dane z odpowiednich podzbiorów, natomiast program POLK czerpie niezbędne dane z urządzeń zewnętrznych. Oznaczenia identyfikatorów zmiennych, tablic i podprogramów wykorzystywanych w algorytmie i programie przyjęto następujące:
- SKNJ - tablica zawierająca skrót nazwy wyróżnionego obiektu oraz dodatkowe objaśnienia,
  - IRA - tablica spełniająca rolę buforu do czytania danych w postaci znakowej,
  - LZE - liczba zasadniczych elementów ugrupowania bojowego wyróżnionego obiektu,
  - LJG - liczba jednorodnych grup sprzętu wyróżnionego obiektu,
  - SKN,X,Y,FI,S,G - tablice danych o elementach ugrupowania bojowego wyróżnionego obiektu w postaci skrótów nazw, współrzędnych położenia, kątów nachylenia względem osi x oraz szerokości i głębokości,
  - LEJ,SM,GM - tablice zawierające liczby jednorodnych elementów oraz ich szerokości i głębokości,
  - SO,SP - tablice zawierające stan osobowy i sprzęt techniczno-bojowy elementów ugrupowania bojowego wyróżnionego obiektu,
  - PULC,PULT - tablice procentów ukrycia ludzi w czołgach i transporterach elementów ugrupowania bojowego wyróżnionego obiektu,
  - WO - tablice współczynników wartości obiektu w odniesieniu do elementów ugrupowania bojowego,
  - SI,CO - tablice sinusów i cosinusów kątów nachylenia elementów ugrupowania bojowego,
  - IW,IZ - tablice współczynników do określania położenia elementów jednorodnych w ramach elementu ugrupowania bojowego,

- SU - tablica średnich procentów ukrycia stanu osobowego wyróżnionego obiektu,
- IRS - tablica numerów jednorodnych grup sprzętu według programu PRSP,
- N - liczba wybuchów jądrowych wykonanych na wyróżniony obiekt,
- XW, YW, IR, Q - tablice parametrów wybuchów jądrowych w postaci: współrzędne, rodzaj i moc,
- WRO - tablice współczynników rozpoznania obiektu, na które wykonano wybuchy,
- PW - współczynnik rozpoznania obiektu /średni/,
- PO - współczynnik wartości obiektu /średni/,
- ISA - dana sterująca pracą programu,
- NO - tablica numerów elementów ugrupowania bojowego wyróżnionego obiektu, na które wykonano wybuchy jądrowe /indeks elementu tablicy określa numer wybuchu liczony według kolejności czytania parametrów wybuchów/,
- IBIT, JBIT, LBIT - zmienne zawierające wynik testowania bitów 1, 2, 3 w 30-tym słowie programu,
- SLS - zmienna zawierająca liczbę stanu osobowego wyróżnionego obiektu,
- SSP - tablica sprzętu wyróżnionego obiektu według grup jednorodnych,
- SL - zmienna zawierająca straty stanu osobowego wyróżnionego obiektu,
- SS - tablica zawierająca straty sprzętu wyróżnionego obiektu według grup jednorodnych,
- LUDZ - tablica ilości ludzi w pułku, batalionie i kompanii /model efektywnych powierzchni/,
- SLE - zmienna zawierająca straty ludzi od jednego wybuchu jądrowego,

STROS - podprogram obliczania strat ludzi /model efektywnych powierzchni/,

STRSP - podprogram obliczania strat sprzętu /model efektywnych powierzchni/,

SSE - tablica strat sprzętu w grupach jednorodnych,

PUL - tablica procentów ukrycia ludzi w zależności od rodzaju ukrycia.

Nie wyszczególniono tutaj wszystkich podprogramów, które znajdują zastosowanie w algorytmie ze względu na to, że zostały już wcześniej opisane w rozdziale czwartym. Ponadto zdaniem autora najbardziej precyzyjnym odzwierciedleniem myśli zawartych w analizowanym problemie jest dobrze napisany program /patrz załącznik 4/, zawierający szereg komentarzy odnośnie realizowanych funkcji przez poszczególne segmenty. W załączniku 3 przedstawiony jest algorytm blokowy programu POLK, który jest podstawą do analizy modelu hipotetycznych struktur. Załącznik 5 zawiera przykładowy wydruk wyników uzyskanych metodą bazującą na nierównomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu prostego.

### 5.2.3. Analiza wyników uzyskanych na bazie hipotetycznych struktur

W rozdziale drugim przedstawiono sposób zapisu hipotetycznego ugrupowania pułku zmechanizowanego znajdującego się w rejonie ześrodkowania. W podobny sposób można dokonać zapisu hipotetycznych struktur innych armijnych jednostek pośredniego lub bezpośredniego podporządkowania. Niecelowym byłoby przedstawienie hipotetycznych struktur wszystkich armijnych

jednostek traktowanych jako wyróżnione obiekty uderzeń jądrowych, ponieważ mnogość tych struktur zaciemniłaby właściwy obraz problemu dla którego są one opracowane. Głównym zamierzeniem autora było pokazanie, że nierównomierność rozmieszczenia ludzi i sprzętu w zasadniczym stopniu wpływa na poprawność dokonywanych ocen oraz w jaki sposób można tę nierównomierność uwzględnić w praktycznych rozwiązaniach. Próba wyjścia naprzeciw tym zagadnieniom był model efektywnych powierzchni, który bazując na stosunkowo niewielkiej ilości informacji, daje użytkownikowi odpowiedź odnośnie poniesionych strat, jednak nie udziela odpowiedzi w jakim zakresie obliczone straty mogą być zbliżone do strat rzeczywistych. Pojęcie strat rzeczywistych jest tutaj rozumiane, jako strat obliczonych z możliwie najmniejszym zniekształceniem rzeczywistego ugrupowania wyróżnionego obiektu - prowadzącego działania bojowe, przegrupowującego się do przewidywanego rejonu działań lub znajdującego się w rejonie wyjściowym. Odpowiedź na postawione pytanie można uzyskać wykorzystując do tego celu model hipotetycznych ugrupowań. Dokładność uzyskiwanych wyników zależy tutaj głównie od umiejscowienia elementów wyróżnionego obiektu w ugrupowaniu bojowym, w momencie wykonywania uderzenia na ten obiekt. Znaczącym również jest stopień ukrycia stanu osobowego, ale to zagadnienie może być uwzględnione zarówno w jednym jak i w drugim modelu poprzez rozbudowę inżynierską rejonu działań oraz działanie ochronne sprzętu opancerzonego i pancernego /patrz opis programu POLK/.

Mając na uwadze problem oceny strat dla potrzeb dywizyjnych organów dowodzenia, można powiedzieć, że zarówno

jakie powietrze.

model efektywnych powierzchni jak też model hipotetycznych ugrupowań może mieć tutaj zastosowanie. Analogicznie do wyróżnionych obiektów armijnych można wykonać wyróżnione obiekty dywizyjne zarówno ze zbioru jednostek bezpośredniego podporządkowania jak i pośredniego podporządkowania. Na przykład mogą to być bataliony piechoty, bataliony czołgów czy też dywizjony artylerii lub dywizjony raketowe. Mając na uwadze możliwości artylerii polowej potencjalnego przeciwnika /haubice 155 i 203.2 mm/ w zakresie użycia ładunków jądrowych o mocy 0.5-2 kt taki podział jest ze wszechmiar celowy. Przyjmując limit ładunków jądrowych dla dywizji zmechanizowanej potencjalnego przeciwnika równy np. 20 oraz fakt, że na kierunku tej dywizji prowadzą działania zaczepne nasze dwa pułki zmechanizowane, można obliczyć ile ładunków jądrowych może być wykonanych na pułk zmechanizowany znajdujący się w natarciu. W oparciu o powyższe dane oraz mając na uwadze, że 50-60 % przydzielonego limitu ładunków wykorzystywanych jest przez DZ na dzień działań - wynika, że na pułk zmechanizowany może być wykonane 5-6 ładunków jądrowych. Zakładając hipotetyczne ugrupowanie pułku zmechanizowanego w natarciu jak na rys. 5.2.3.1 oraz to, że ładunki jądrowe będą wystrzeliwane przez artylerię polową, można przyjąć następujący wariant uderzenia jądrowego:

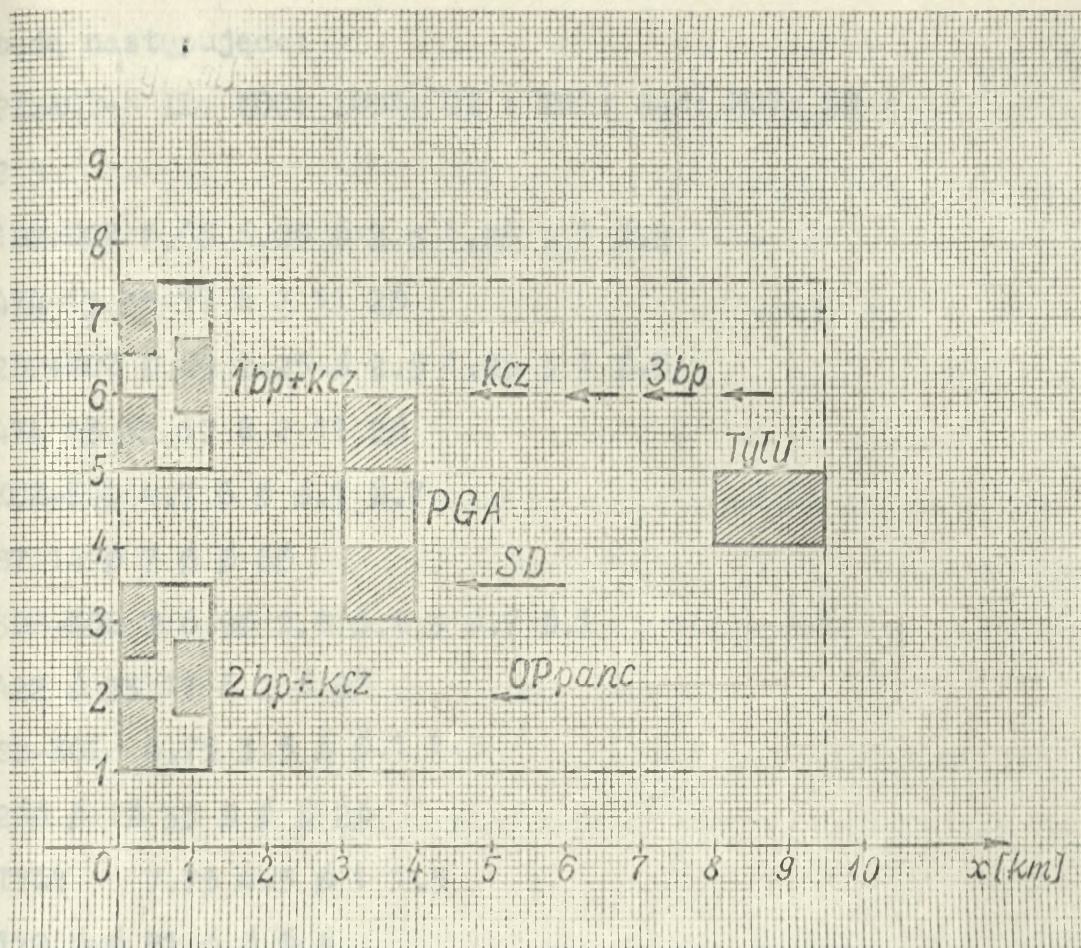
1 bp - 2 x 0.5 kt

2 bp - 1 x 2 kt

3 bp - 1 x 2 kt

PGA - 2 x 2 kt.

Założono do obliczeń, że wszystkie wybuchy są zrealizowane jako powietrzne.



Rys. 5.2.3.1. Hipotetyczne ugrupowanie pułku zmechanizowanego w natarciu /na transporterach SKOT/

Uwagi: 1/ W skład PGA wchodzi dywizjon haubic 122 z dywizyjnego pułku artylerii oraz pułkowy dywizjon haubic 122 i bateria artylerii przeciwlotniczej.

2/ Kompania czołgów znajdująca się w kolumnie stanowi resztę batalionu czołgów.

3/ W skład stanowiska dowodzenia wliczono:

- sztab pułku,
- kompanię łączności,
- pluton ochrony i regulacji,
- pluton chemiczny,
- kompanię saperów bez plutonu saperów.

Dane do programu POLK odpowiadające temu wariantowi

będą następujące:

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ : TR : SAM: MOZ: DZ :

8 5

1BP+K CZ  $\phi$ .65 6.25  $\phi$  2.5 1.25 3 1  $\phi$ .5

474 13 33 17 6 2 11 2 $\phi$

2BP+K CZ  $\phi$ .65 2.25  $\phi$  2.5 1.25 3 1  $\phi$ .5

474 13 33 17 6 2 11 2 $\phi$

K CZ-KOL 4.7 6  $\phi$   $\phi$ .1  $\phi$ .7

87 14  $\phi$  7  $\phi$   $\phi$  6 $\phi$

3BP-KOL 7 6 9 $\phi$  2.8  $\phi$ .1 3  $\phi$ .7  $\phi$ .1

422  $\phi$  33 17 6 2  $\phi$  8 $\phi$

SD-KOL 4.75 3.5  $\phi$   $\phi$ .1 1.5

2 $\phi$  $\phi$   $\phi$  1 $\phi$  33  $\phi$   $\phi$   $\phi$  2 $\phi$

TYLY 7.75 4.5  $\phi$  1 1.5

179  $\phi$   $\phi$  81  $\phi$   $\phi$   $\phi$   $\phi$

PGA-6B 3 4.5  $\phi$  3 1 2 1 1

48 $\phi$   $\phi$  6 48 3 $\phi$  6  $\phi$  5

OPPANC 4.75 2  $\phi$   $\phi$ .1  $\phi$ .5

56  $\phi$  1 $\phi$  1 $\phi$   $\phi$   $\phi$

1 $\phi$  $\phi$   $\phi$   $\phi$   $\phi$   $\phi$   $\phi$   $\phi$

9 11 12 3 4

6

$\phi$ .25 7 1  $\phi$ .5

$\phi$ .25 5.5 1  $\phi$ .5

$\phi$ .6 2.25 1 2

7 6 1 2

3 3.5 1 2

3 5.5 1 2

$\phi$ .9  $\phi$ .9

4

Dla wyjaśnienia należy dodać, że moździerze i działa artylerii naziemnej ujęto pod jedną pozycję oraz na ostatniej pozycji - działa artylerii przeciwlotniczej. Ponadto uwzględniono fakt, że pewna część stanu osobowego elementów ugrupowania bojowego pułku będzie znajdowała się w czołgach lub transporterach opancerzonych. Wyniki obliczeń dla takiego wariantu danych zestawiono w tabeli 5.2.3.1. Dla każdego elementu ugrupowania bojowego pułku zamieszczone są cztery wiersze wyników, odpowiadające różnym metodom wykorzystywanym do obliczeń. Oznaczeniom przyjętym w tabeli odpowiadają następujące metody oceny:

N - według wartości oczekiwanej strat przy wartości obiektu prostego rozmieszczonej według krzywej Gaussa dla  $P_w=0.9$  i  $P_o=0.9$ ;

R - według wartości oczekiwanej strat przy wartości obiektu prostego rozmieszczonej równomiernie dla  $P_w=0.9$ ;

T - metodą tradycyjną;

EP - metodą efektywnych powierzchni.

Skróty nazw elementów ugrupowania bojowego pułku nie są w pełni skrótami taktycznymi, ponieważ nie ma takiej możliwości przy korzystaniu z urządzeń peryferyjnych obecnie istniejących komputerów. Analizując wyniki zawarte w tabeli 5.2.3.1 dostrzec można istnienie strat w tych elementach ugrupowania bojowego, które nie były bezpośrednimi obiektami uderzeń. Fakt ten potwierdza tezę o powstawaniu strat nie tylko w bezpośrednich obiektach uderzeń jądrowych, ale również w sąsiadujących z nimi elementach, która była podstawą do skonstruowania modelu efektywnych powierzchni.

W rozpatrywanym wariantcie straty w sąsiadujących z obiek-

Tabela 5.2.3.1

Zestawienie strat ludzi i sprzętu w pułku i w elementach ugrupowania bojowego

Skrót nazwy	Ilość wyb. Moc	Stan osob.	Czołgi	Transp. opanc.	Samo-chody	Moźdz. działa	Działa plot	Rodzaj metody
1BP+KCZ	$\frac{2}{1}$	320	1	7	6	1	0	N
		336	1	9	7	1	1	R
		338	2	12	9	1	1	T
		388	2	10	8	2	0	EP
2BP+KCZ	$\frac{1}{2}$	344	1	7	7	1	0	N
		373	1	7	8	1	0	R
		389	0	7	9	1	0	T
		323	2	10	6	1	0	EP
KCZ-K	$\frac{0}{0}$	3	0	0	0	0	0	N
		5	0	0	0	0	0	R
		0	0	0	0	0	0	T
		0	0	0	0	0	0	EP
3BP-K	$\frac{1}{2}$	262	0	10	7	2	1	N
		259	0	11	7	2	1	R
		258	0	11	6	2	1	T
		267	0	12	7	2	0	EP
SD-KOL	$\frac{0}{0}$	27	0	0	1	0	0	N
		1	0	0	0	0	0	R
		13	0	0	0	0	0	T
		0	0	0	0	0	0	EP
TYLY	$\frac{0}{0}$	15	0	0	1	0	0	N
		0	0	0	0	0	0	R
		7	0	0	0	0	0	T
		0	0	0	0	0	0	EP
PGA-6B	$\frac{2}{4}$	443	0	2	29	7	2	N
		477	0	3	38	11	3	R
		480	0	4	48	14	4	T
		654	0	4	50	12	2	EP
Straty w pułku	$\frac{6}{9}$	1414	2	26	51	11	3	N
		1451	2	30	60	15	5	R
		1485	2	34	72	18	6	T
		1632	4	36	71	17	4	EP
Stan pułku ze wzmocnieniem		2372	40	125	230	48	12	

tami uderzeń, elementach są niewielkie ponieważ ładunki też są małej mocy. Napewno dla większych mocy straty te byłyby również większe, o czym nietrudno byłoby się przekonać analizując wariant z większymi ładunkami. Obliczenia takiego charakteru będą analizowane w dalszej części tego rozdziału. Porównując wyniki otrzymane metodą typu N z wynikami otrzymanymi metodami R lub T, nietrudno zauważyć, że straty elementów sąsiadujących są największe dla metody N. Wynika to z faktu, że założono tutaj rozproszenie wartości obiektu prostego tzn. współczynnik wartości obiektu jest równy dla tego przypadku 0.9. Ponieważ pozostałe metody zakładają, że wartości obiektów prostych w pełni znajdują się w granicach normatywnych - co praktycznie nigdy nie będzie osiągalne - to dlatego w tych przypadkach sąsiadujące elementy są rażone w znikomym stopniu, szczególnie wybuchami jądrowymi małej mocy.

Dla zilustrowania możliwości metody bazującej na nierównomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu prostego, zestawiono w tabeli 5.2.3.2 wyniki obliczeń dla tego samego wariantu ugrupowania bojowego pułku oraz dla tych samych uderzeń jądrowych co w poprzedniej tabeli. Wszystkie wyniki dotyczą współczynnika rozpoznania równego 1, natomiast różnią się tylko współczynnikiem wartości obiektu. Nietrudno dostrzec, że dla wartości obiektów prostych znajdującej się całkowicie w granicach normatywnych nie ma w ogóle starat w elementach sąsiadujących. Jest to przypadek możliwy ale mało prawdopodobny. Bardziej prawdopodobny jest przypadek dla  $P_0=0.9$ , bowiem z mniejszym błędem można powiedzieć, że wartość obiektu znajdzie się w granicach normatyw-

Tabela 5.2.3.2

Zestawienie strat ludzi i sprzętu w pułku i w elementach ugrupowania bojowego obliczonych metodą N w funkcji P<sub>0</sub>

Skrót nazwy	Ilość wyb. Moc	Stan osob.	Czołgi	Tran-sp. opan.	Samo-chody	Moźdz-dzia-ka	Dzia-ka plot	War-tość P <sub>0</sub>
1BP+KCZ	2 1	316	9	22	11	4	1	1
		333	2	11	8	1	1	0.9
		329	1	8	7	1	0	0.8
		320	1	7	6	1	0	0.7
		308	1	6	5	1	0	0.6
2BP+KCZ	1 2	458	0	11	6	0	1	1
		380	1	7	8	1	0	0.9
		362	1	7	8	1	0	0.8
		345	1	7	7	1	0	0.7
		328	1	7	7	1	0	0.6
KCZ-KOL	0 0	0	0	0	0	0	0	1
		0	0	0	0	0	0	0.9
		1	0	0	0	0	0	0.8
		1	0	0	0	0	0	0.7
		2	0	0	0	0	0	0.6
3BP-KOL	1 2	201	0	11	6	2	1	1
		255	0	11	7	2	1	0.9
		259	0	11	7	2	1	0.8
		262	0	10	7	2	1	0.7
		162	0	10	7	1	1	0.6
SD-KOL	0 0	0	0	0	0	0	0	1
		23	0	0	1	0	0	0.9
		32	0	0	2	0	0	0.8
		38	0	0	3	0	0	0.7
		45	0	1	4	0	0	0.6
TYLY	0 0	0	0	0	0	0	0	1
		11	0	0	0	0	0	0.9
		15	0	0	1	0	0	0.8
		18	0	0	1	0	0	0.7
		20	0	0	2	0	0	0.6
PGA-6B	2 4	480	0	6	48	30	6	1
		477	0	4	40	13	3	0.9
		465	0	3	35	10	3	0.8
		445	0	2	29	7	2	0.7
		418	0	2	25	6	2	0.6
Straty w pułku	6 9	1455	9	50	71	36	9	1
		1479	3	33	64	17	5	0.9
		1463	2	29	60	14	4	0.8
		1429	2	26	53	11	3	0.7
		1383	2	26	50	9	3	0.6

nych z prawdopodobieństwem 0.9. Patrząc na wyniki odpowiadające temu przypadkowi i poprzedniemu, dostrzega się duże różnice strat w sprzęcie i uzbrojeniu bardzo odpornym na działanie fali uderzeniowej, natomiast mała różnica strat w ludziach i sprzęcie pozostałym - głównie w samochodach. Fakt powstania tak dużych różnic w stratach wynika z tego, że wybuchy były celne i wartość obiektu prostego była bardzo mocno skupiona wokół jego centrum. Analizując straty w funkcji malejącego współczynnika wartości obiektu prostego dostrzega się malenie strat sumarycznych w pułku, chociaż straty w elementach sąsiadujących z bezpośrednimi obiektami uderzeń rosną, ale nie na tyle aby mogły zrównoważyć ubytek w elementach bezpośrednich uderzeń. Ponadto w tej metodzie na uwagę zasługuje fakt, że dla małego współczynnika wartości obiektu prostego wyniki uzyskane tą metodą powinny być zbliżone do wyników uzyskanych metodą zakładającą równomierne rozmieszczenie wartości wyróżnionego obiektu. Powyższe fakty przemawiają za uniwersalnością zastosowań metody bazującej na nierównomiernym rozmieszczeniu wartości obiektu prostego i świadczą o wyższości tej metody nad metodami nie uwzględniającymi tego zagadnienia. Zdaniem autora metoda ta może być stosowana zarówno w ocenie strat wojsk własnych jak również wojsk przeciwnika. Nic nie stoi na przeszkodzie aby w ocenie strat wojsk przeciwnika brać do obliczeń jako charakterystykę środka przenoszenia kołowe odchylenie prawdopodobne zamiast współczynnika rozpoznania. Wtedy bowiem nie będzie potrzebne założenie o zgodności osi obiektu z osiami rozrzutu miejsca wybuchu jakie poczyniono przy wprowadzaniu formuł na obliczenie wartości oczekiwanej strat w rozdziale 2.

Dla porównania strat wyróżnionego obiektu jakim jest pułk zmechanizowany znajdujący się w rejonie wyjściowym - obliczonych proponowanymi w rozprawie metodami - ze stratami pułku zmechanizowanego znajdującego się w rejonie ześrodkowania według metodyki [33] przygotowano tabelę 5.2.3.3.

W tabeli tej wprowadzono oznaczenia metod analogicznie do tabeli 5.2.3.1 oraz dodatkowo symbol P dla strat zaczerpniętych z metodyki [33]. Dla wyjaśnienia należy dodać, że obiekt uderzenia jądrowego jakim jest batalion piechoty w cytowanej metodyce ma mniejszy stan ludzi od obiektu branego do obliczeń, którym jest batalion piechoty wzmocniony baterią artylerii. Mówiąc wyraźniej, do obliczeń przyjęto wariant ugrupowania pułku zmechanizowanego opisany w rozdziale 2. Straty pułku wyznaczono dla siedmiu powietrznych ładunków jądrowych o mocach wyszczególnionych w rozważanej tabeli. Dla pierwszych trzech ładunków jądrowych opłacalnym obiektem uderzenia była kompania, natomiast dla pozostałych batalion. Stąd dla wybuchu o mocy 10 kt są mniejsze straty w transporterach aniżeli dla 2 i 5 kt. Gdyby straty sprzętu decydowały o zdolności bojowej, to korzystniej byłoby dla ładunku 10 kt jako opłacalny obiekt wybrać kompanię, jednak decydującym elementem w tym względzie są ludzie, dlatego przyjęto jako obiekt batalion. Nietrudno zauważyć, że tego aspektu nie uwzględnia zupełnie model efektywnych powierzchni, że jest to model maksymalizujący straty wszystkich względnie jednorodnych elementów. Ponieważ podstawą do opracowania tabel metodyki [33] był również model efektywnych powierzchni, to straty wszystkich elementów mają stałą tendencję wzrostową. Dał się tutaj zauważyć przy takim porównaniu mankament metody

Tabela 5.2.3.3

Zestawienie strat w pułku zmechanizowanym obliczonych dla różnych wybuchów jądrowych

Moc wybuchu	Stan osobowy	Czołgi	Transp. opanc.	Samo-chody	Działa art.naz.	Rodzaj metody
0.5	109	0	4	4	0	N
	127	0	5	6	1	R
	138	0	6	7	1	T
	149	0	6	6	1	EP
	167	0	5	4	0	P
2	142	0	7	7	1	N
	150	0	9	8	1	R
	151	0	11	9	1	T
	207	0	10	9	1	EP
	250	0	10	5	0	P
5	201	0	9	9	1	N
	224	0	11	9	2	R
	205	0	12	9	2	T
	286	0	13	11	2	EP
	322	0	12	8	0	P
10	204	0	8	11	1	N
	210	0	8	11	1	R
	213	0	8	11	1	T
	287	0	14	15	2	EP
	394	0	16	12	0	P
20	309	0	11	17	1	N
	320	0	12	18	1	R
	326	0	11	19	1	T
	373	0	18	21	2	EP
	487	0	23	15	0	P
50	495	0	22	29	2	N
	518	0	23	28	2	R
	509	0	24	28	2	T
	512	0	28	29	3	EP
	648	0	34	22	0	P
100	740	0	33	47	4	N
	763	0	34	49	4	R
	760	0	35	45	4	T
	762	0	36	42	5	EP
	806	0	38	38	0	P

efektywnych powierzchni w wersjach poprzednich, nie uwzględniających "wydłużania" się obiektu, przez co straty są największe ze wszystkich prezentowanych metod. Ponadto do obliczeń w programie POLK zastosowana metoda efektywnych powierzchni ma nieco zmodyfikowany warunek, który zakłada, że maksimum przyrostu powierzchni efektywnej przypada na punkt końcowy przedziału zmienności promienia obiektu, przez co wyniki uzyskiwane taką metodą są w dużej mierze zbliżone do wyników uzyskiwanych z modelu hipotetycznych ugrupowań. Łatwo o tym można się przekonać porównując wyniki zawarte w tabeli 5.2.3.3. Do takiej modyfikacji modelu efektywnych powierzchni skłoniły przeprowadzone przez autora badania na wielu innych wariantach ugrupowań wyróżnionych obiektów.

Na zakończenie przeprowadzonych tutaj analiz można powiedzieć, że hipotetyczne struktury można tworzyć również dla innych wyróżnionych obiektów, jednak mnogość tych struktur mogłaby zaciemnić istotę rozważanego problemu.

### 5.3. Krótkie podsumowanie rozdziału i wnioski

W rozdziale przeanalizowano poprawność formalną następujących metod oceny strat /porażenia/ obiektów prostych:

- 1/ obliczenia wartości oczekiwanej strat obiektu prostokątnego o równomiernie rozmieszczonej wartości;
- 2/ obliczenia wartości oczekiwanej strat obiektu prostego o nierównomiernie rozmieszczonej wartości;
- 3/ obliczania stopnia rażenia obiektu prostokątnego o równomiernie rozmieszczonej wartości.

Narzędziem pomocniczym do przeprowadzenia tej analizy

był program o kryptonimie POWA /list programu zamieszczono w załączniku 2/. Przeanalizowano również problem zbieżności wyników uzyskiwanych powyższymi metodami z wynikami zawartymi w poradniku [40] dla obiektu o powierzchni  $4 \text{ km}^2$  i dla obiektu o długości 2 km. Badanie wyszczególnionych tutaj metod dotyczyło modelu hipotetycznych ugrupowań. Dokonano również badań funkcji /2.2.3/ opisującej element modelu efektywnych powierzchni, która uwzględnia w sposób ciągły zmiany rażenia obiektu prostego w zależności od wielkości stosunku jego głębokości do szerokości.

Przeanalizowano również problem poprawności merytorycznej traktując model hipotetycznych ugrupowań, będący dokładniejszym modelem, jako tester poprawności uzyskiwanych wyników w modelu efektywnych powierzchni. Oparto się przy tym na działaniach pułku zmechanizowanego w natarciu przyjmując prawdopodobny wariant uderzenia jądrowego, wykonanego przez artylerię polową nieprzyjaciela.

Narzędziem pomocniczym do badań tego problemu był program pod kryptonimem POLK /list programu zamieszczono w załączniku 4, a przykładowy wydruk wyników w załączniku 5/.

Dla porównania strat wyróżnionego obiektu otrzymywanych opracowanymi metodami, ze stratami podobnego obiektu z metodyki [33], obliczono straty pułku zmechanizowanego znajdującego się w rejonie wyjściowym od następujących powietrznych wybuchów jądrowych: 0.5, 2, 5, 10, 20, 50 i 100 kt.

W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że dla obiektu symetrycznego występuje zgodnie z wcześniejszymi przewidywaniami, symetria strat i powtarza się dla każdego typu metody. Nietrudno dostrzec, że przy unormowanej wartości obiektu, wartość oczekiwana strat obiektu zawiera się w prze-

dziale  $\langle 0; 1 \rangle$ . Dodatkowo dla metody o równomiernym rozmieszczeniu wartości dla współczynnika rozpoznania równego jedności, ma miejsce zgodność wartości oczekiwanej strat obiektu ze stopniem porażenia obiektu. Są to wymogi czysto formalne, które spełniają opracowane metody wykorzystywane w modelu hipotetycznych ugrupowań. Z porównania wartości oczekiwanych strat obiektów obliczonych proponowanymi metodami z wartościami oczekiwanych strat obliczonymi na podstawie poradnika [40] można wnioskować o przydatności opracowanych metod również do oceny strat wojsk przeciwnika po wykonanych lub planowanych własnych uderzeniach jądrowych.

W dalszej części rozdziału, w wyniku przeprowadzonej analizy modelu efektywnych powierzchni w zakresie porażenia obiektów prostych, można powiedzieć, że funkcja /2.2.3/ lepiej przybliża straty obiektu prostego aniżeli dotychczas stosowane funkcje nie uwzględniające "wydłużania" się obiektu.

Badając poprawność modeli efektywnych powierzchni ustalono, że dla uzyskania lepszej zgodności otrzymywanych strat z wynikami uzyskiwanymi na bazie modeli hipotetycznych ugrupowań, należy zmodyfikować warunek wymuszający maksimum przyrostu powierzchni efektywnej, ustalając, że powinno ono występować na brzegach przedziału.

Dodatkowo przy pomocy modelu hipotetycznych ugrupowań z zastosowaniem metody o nierównomiernym rozmieszczeniu wartości, podjęto próbę przeanalizowania wpływu niepewności informacyjnej odnośnie rozmieszczenia wartości obiektów prostych na wielkość strat wyróżnionego obiektu, zmieniając współczynnik wartości obiektu przy ustalonym współczynniku rozpoznania. Konkludując można powiedzieć, że rozmycie wartości

obiekta ma największy wpływ na zmiany strat elementów najbardziej odpornych na działanie czynników rażenia wybuchu jądrowego, co jest również zgodne z intuicyjnymi przewidywaniami. Mając na uwadze zastosowania tej metody, można tylko potwierdzić wcześniejszy wniosek o stosowaniu jej do oceny strat wojsk przeciwnika właśnie ze względu na możliwość ilościowego ujęcia niepewności informacyjnej. Zasygnalizowany tutaj problem będzie przedmiotem dalszych badań prowadzonych przez autora, przy czym dla rozprawy jest on tylko dodatkiem.

## Wnioszenie

decydującym elementem rozprawy było opracowanie modeli do obliczania strat wojsk na szczeblu armii i związku taktycznego oraz praktyczne ich zastosowanie w programach użytkowych opracowanych dla potrzeb armijnych i dywizyjnych organów dowodzenia. Zdaniem autora modele efektywnych powierzchni oraz hipotetycznych ugrupowań odpowiadają w pełni postawionemu celowi. Określono to wyraźnie we wnioskach do drugiego rozdziału oraz w analizie wyników w rozdziale piątym. Rozdział pierwszy udzielił odpowiedzi w zakresie praktycznych zastosowań opracowanych wcześniej mniej doskonałych wersji modelu efektywnych powierzchni. Wersje modeli zarówno hipotetycznych struktur jak też efektywnych powierzchni opracowane w rozprawie znajdują zapewne również zastosowanie w opracowywanych modelach symulacyjnych zarówno na szczeblu taktycznym jak też operacyjnym. Sposób wykorzystania modeli rażenia jak i modeli wyróżnionych obiektów w symulacji złożonych systemów walki i operacji nie jest jeszcze w pełni przez autora rozpoznany. Dla wyjaśnienia można nadmienić, że przy modelowaniu strat od broni jądrowej w symulacyjnych modelach walki, decydującym elementem będzie zapewne szczegółowość opisu stanów położenia i sposobu działania stron. Problematyka ta będzie przedmiotem dalszych badań prowadzonych w ramach tematu "MODEL". Mając na uwadze postawioną wcześniej hipotezę roboczą można stwierdzić, że zasady prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania broni jądrowej wyrażone są m.in. poprzez odpowiednie rozśrodkowanie elementów ugrupowania bojowego wyróżnionych obiektów oraz rozbudowę inżynieryjną rejonu. Spe-

cyfrikę działania różnych rodzajów wojsk uwzględnia się poprzez:

- wprowadzenie wzmocnienia /o tym, czy element jest wzmocniony decyduje jedność miejsca i czasu działania/;
- zróżnicowanie właściwości ochronnych sprzętu;
- zróżnicowanie liczby osób znajdujących się w sprzęcie w zależności od typu sprzętu u rodzaju działań;
- wprowadzenie różnych rodzajów ukryć ludzi i sprzętu;
- zróżnicowanie procentów ukrycia ludzi i sprzętu w funkcji położenia w ugrupowaniu bojowym.

W zakresie stosowania nierównomierności rozkładu gęstości powierzchniowej lub liniowej obydwie typy modeli są w pełni adekwatne do postawionej hipotezy. Istotnym elementem zasługującym na podkreślenie jest to, że model hipotetycznych ugrupowań jest modelem dyskretnym, a efektywnych powierzchni - modelem ciągłym. Ponadto opracowując probabilistyczne metody oceny strat obiektów prostych stworzono dodatkowo realne podstawy do ujednoczenia metodyki komputerowej oceny strat wojsk własnych i wojsk przeciwnika po uderzeniach jądrowych. Problem ten nie jest na tyle efektywnie rozwiązany, aby nie stanowił przedmiotu sporów pomiędzy pracownikami sztabów /takimi jak "operatorzy i artylerzyści"/.

Dla stworzenia ujednoczonej kompleksowej metodyki należy przebadać jeszcze szereg problemów zarówno dotyczących strat przeciwnika jak i własnych. W zakresie obliczania strat wojsk przeciwnika i oceny efektywności własnych uderzeń jądrowych, należy rozwiązać następujące zagadnienia:

- 1/ określanie pewnie rażonej części obiektu zarówno prostego jak i złożonego;
- 2/ określanie maksymalnie rażonej części obiektu;

- 3/ określanie opłacalnego stopnia podzielności struktur wojsk przeciwnika ze względu na ocenę strat w rejonach wybuchów jądrowych;
- 4/ określanie dokładności przybliżonych metod stosowanych w praktycznych obliczeniach.

W zakresie obliczania strat wojsk własnych należy ustalić:

- 1/ z jakim stopniem poprawności opracowane modele mogą być wykorzystywane w zadaniach szczebla frontowego /np. czy pominięcie szczebla oddziału nie wprowadza zbyt dużych błędów/;
- 2/ w jaki sposób uwzględniać tzw. straty psychologiczne /np. współczynnikiem zaskoczenia/;
- 3/ jak powiązać straty z oceną zdolności bojowej i potencjałem bojowym.

Nie mniej ważnym problemem, który powinien być przedmiotem przyszłych badań, będzie określenie sposobu wykorzystania metod symulacyjnych do obliczania wartości oczekiwanej strat obiektu prostego przy dowolnym usytuowaniu osi rozrzutu i osi obiektu oraz dla określania strat wyróżnionego obiektu przy uwzględnieniu jego dynamiki działania. W podsumowaniu można powiedzieć, że problematyka wiarygodnej oceny strat wojsk jest ważna zarówno w procesie bezpośredniego wspomagania pracy sztabów jak też w modelowaniu symulacyjnym procesów walki i operacji.

Spis literatury

1. Bojewaja efektywnost jadernego oruzija. Moskwa 1977
2. Bojewyje swojstwa jadernego oruzija. Moskwa 1967
3. CZUJEW J.W.: Issledowanije operaczi w wojennom diele. Moskwa 1970
4. CZUJEW J.W., MIELNIKOW P., PIETUCHOW S.I., STIEPANOW G.F., SZOR J.B. Podstawy badań operacyjnych w technice wojskowej. MON Warszawa 1968
5. DANKO W.: Organizacja dywizji zmechanizowanej i pancernej. ASG WP Warszawa 1977
6. Dowodzenie dywizją /pułkiem/ w działaniach bojowych. Podręcznik część III. Wzory dokumentów bojowych pułku. ASG WP 1981
7. Działania bojowe pułku /pz,pcz/. Podręcznik. ASG WP Warszawa 1980
8. Działania bojowe dywizji /DZ,DPanc/. Podręcznik. ASG WP Warszawa 1980
9. FOKSOWICZ A.: Ocena skutków uderzeń jądrowych na wojska OPK "WYNIK-P". Projekt koncepcyjno-wstępny. DWOPK Warszawa 1978
10. GLAZUNOW N., MASLENNIKOW P.: Suchoputnye wojska kapitalistycznych gosudarstw. MON ZSRR Moskwa 1980
11. GONCZALOW P.P., KOZLOW N.A., KROTOW A.G., TABOLIN E.A.: Automatizacja reszenija operatiwno-takticzeskich i specialnych zadacz i uprawlenija wojskami. Moskwa 1975

12. GRABARSKI A., JAKUBCZAK S.: Prognozowanie strat stanu osobowego i sprzętu techniczno-bojowego. Program "IRYS" na EMC Mińsk-22. ASG WP Warszawa 1970
13. GRABARSKI A., JAKUBCZAK S.: Kompleksowa ocena skutków uderzeń bronią jądrową w wojskach operacyjnych "WYNIK" - Etap II. Algorytmy zadań. ASG WP Warszawa 1972
14. GRABARSKI A., JAKUBCZAK S., ROGOWSKI A.: Określenie strat stanu osobowego i sprzętu techniczno-bojowego armii w rejonach wybuchów jądrowych "WYNIK-11W" - program na komputery ODRA-1304 i MINSK-32. ASG WP Warszawa 1973
15. GRISZYN S., ŻUKOW P., KITOSZWILI Sz.: Taktyka armii państw kapitalistycznych. MON Warszawa 1974
16. GRZMIL S., JAKUBCZAK S., ROGOWSKI A., MIKUNDA P.: Ocena skutków uderzeń jądrowych na szczeblu operacyjnym "WYNIK-2" - Część I i II. ASG WP Warszawa 1975
17. GRZMIL S., JAKUBCZAK S., MAKAREWICZ J.: Ocena strat wojsk armii i frontu w rejonach wybuchów jądrowych /WYNIK-2W/ OG44. Algorytm zadania. Instrukcja organizacji i użytkowania. ASG WP Warszawa 1979
18. Informator do obliczania rażenia obiektów bronią jądrową. MON Warszawa 1968
19. Jadernoje orużije i wzglady komandowanija suchoputnych wojsk NATO na ego primenenije w boju i operacii. Moskwa 1968
20. Jadernoje i ognewoje poraženije protivnika. Metodika operatiwno-taktyczeskich rasczetow po bojewomu primeneniju rakietychnych wojsk o artillerii. Moskwa 1976

21. JAKUBCZAK S.: Modele nierównomiernego rozmieszczenia ludzi i sprzętu na wyróżnionych obiektach armijnych opracowane dla potrzeb komputerowej oceny strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych. Zeszyty Naukowe ASG WP 2/13/77. Warszawa 1977
22. JAKUBCZAK S.: Ocena strat wojsk armii i frontu w rejonach uderzeń jądrowych "WYNIK-2W" - Część I. Projekt wstępny zadania użytkowego OG44 w systemie "CIAĆIWA-AF" ASG WP Warszawa 1977
23. JAKUBCZAK S.: Ocena strat wojsk armii w rejonach wybuchów jądrowych "WYNIK-11WR". ASG WP Warszawa 1979
24. JAKUBCZAK S., PIWOWARSKI J., MIKUNDA P.: Prognozowanie i ocena skutków uderzeń jądrowych ROϕ4. Moduł I - Wojska własne. Projekt koncepcyjno-wstępny. Filia Nr 1 WII, Warszawa 1980
25. KIEŁB J.: Ćwiczenie główne nr 302. Operacja zaczepna armii. Opracowanie metodyczne do zajęć nr 9j,65c z ZChem. i OPBMAR. ASG WP Warszawa 1982
26. Kompendium sił zbrojnych państw NATO. Sygn.Szt.Gen. 1103/83
27. Kompleks 1900. Radiacionnyje operatiwno-taktyczeskie zadaczi chemiczeskich wojsk. Moskwa 1976
28. KONIECZNY J., WILCZEK J.: Funkcje strat obiektu. WAT Warszawa 1968
29. KOTECKI R.: Wykorzystanie pododdziałów chemicznych wyposażonych w automatyczne stacje do wykrywania wybuchów jądrowych K-601-S w armijnej operacji zaczepnej. Rozprawa doktorska ASG WP Warszawa 1978
30. KOZŁOW A., KROTOW A.G., TABOLIN E.A.: Primeneniye ECWM dlja reszenija zadacz po zaszcite wojsk ot oruzija massowego poraženija. Moskwa 1967

31. Krótki informator o właściwościach bojowych broni jądrowej. MON Warszawa 1974
32. KRZYSZOWSKI Cz.: Nowe problemy broni masowego rażenia i rozwoju zabezpieczenia chemicznego. Biuletyn Informacyjny Nr 5. Warszawa 1979
33. Metodyka prognozowania i oceny strat wojsk w rejonach uderzeń jądrowych Część II /DZ i DPanc/ i Część III /Armijne i frontowe oddziały i ZT/. Warszawa 1979
34. Niektóre dane dotyczące organizacji wojsk, pojęć oraz norm operacyjno-taktycznych. ASG WP Warszawa 1976
35. Ogólnowojskowe vademecum taktyczne dla nauczycieli akademickich i słuchaczy. ASG WP Warszawa 1981 \
36. Opredelenije wozmożnych poter licznego sostawa i bojewoj techniki w rajonach jadernych wzrywow. WACHZ 1973
37. PIĘTA J.: Właściwości bojowe broni neutronowej i niektóre problemy działań wojsk oraz obrony przed bronią masowego rażenia w warunkach jej użycia. Rozprawa habilitacyjna. ASG WP Warszawa 1979
38. RISS T.: Organizacja artylerii naziemnej, jej ogólna charakterystyka oraz podstawowe zasady użycia w walce. ASG WP 1976
39. ROGOWSKI A., MIKUNDA P.: Ocena strat dywizji w rejonach wybuchów. Zadanie D141 w systemie CIĘCIWA-D1. ASG WP Warszawa 1979
40. Sprawocznik po porażajuszczemu dejstwiju jadernogo orużija. Część I. Moskwa 1973

41. TABOLIN E.A.: Metodika rozробotki opisani $\dot{y}$  i algorytmow operatywno-taktyczeskich zadacz, reszajemych na EWM w interesach organow uprawnienija wojskami. Moskwa 1970
42. U $\dot{z}$ ycie wojsk rakietowych i artylerii w walce i operacji. Podr $\acute{e}$ cznik MON Warszawa 1977
43. WENCEL E.S.: Wst $\acute{e}$ p do bada $\acute{n}$  operacyjnych. MON Warszawa 1968
44. Zasady u $\dot{z}$ ycia broni j $\acute{a}$ drowej w si $\acute{l}$ ach zbrojnych NATO. MON Warszawa 1972
45. Zasady u $\dot{z}$ ycia rodzajow wojsk i s $\acute{l}$ u $\acute{z}$ b si $\acute{l}$  l $\acute{a}$ dowych g $\acute{l}$ ow-nych pa $\acute{n}$ stw NATO. MON Warszawa 1978
46. ZIELINSKI R.: Rachunek prawdopodobie $\acute{n}$ stwa z elementami statystyki matematycznej. Warszawa 1974

Tabele wartości oczekiwanych strat obiektu powierzchniowego w kształcie kwadratu o boku 2 km.

Tabela Z1.1

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.968	0.861	0.661	0.461	0.261	0.077	0
0.4	0.862	0.777	0.597	0.410	0.229	0.072	0
0.8	0.664	0.598	0.457	0.310	0.169	0.052	0
1.2	0.464	0.411	0.311	0.203	0.103	0.025	0
1.6	0.264	0.231	0.171	0.103	0.043	0.005	0
2	0.079	0.074	0.053	0.026	0.005	0	0
2.4	0.001	0	0	0	0	0	0

Tabela Z1.2

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.971	0.862	0.663	0.463	0.263	0.077	0
0.4	0.861	0.77	0.595	0.410	0.229	0.072	0
0.8	0.661	0.597	0.455	0.310	0.168	0.052	0
1.2	0.461	0.410	0.308	0.203	0.102	0.025	0
1.6	0.261	0.230	0.168	0.103	0.041	0.005	0
2	0.076	0.072	0.050	0.025	0.004	0	0
2.4	0	0	0	0	0	0	0

Tabela Z1.3

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	1	1	1	0.730	0.012	0	0
0.4	1	1	1	0.426	0.007	0	0
0.8	1	1	0.957	0.078	0.001	0	0
1.2	0.736	0.431	0.074	0.004	0	0	0
1.6	0.012	0.007	0.001	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2.4	0	0	0	0	0	0	0

Tabela Z1.4

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.732	0.684	0.560	0.402	0.246	0.122	0.045
0.4	0.684	0.639	0.523	0.374	0.229	0.113	0.042
0.8	0.561	0.524	0.427	0.304	0.184	0.090	0.033
1.2	0.404	0.376	0.304	0.214	0.127	0.060	0.022
1.6	0.248	0.230	0.185	0.127	0.073	0.034	0.011
2	0.123	0.114	0.091	0.061	0.034	0.015	0.005
2.4	0.046	0.043	0.033	0.022	0.012	0.005	0.001

Tabela Z1.5

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.781	0.732	0.598	0.415	0.238	0.110	0.040
0.4	0.732	0.685	0.557	0.384	0.219	0.101	0.037
0.8	0.598	0.558	0.448	0.304	0.170	0.077	0.028
1.2	0.416	0.385	0.304	0.202	0.110	0.049	0.017
1.6	0.239	0.220	0.171	0.111	0.059	0.025	0.009
2	0.111	0.101	0.077	0.049	0.025	0.011	0.003
2.4	0.041	0.037	0.028	0.017	0.009	0.003	0.001

Tabela Z1.6

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.604	0.572	0.484	0.364	0.242	0.139	0.068
0.4	0.572	0.541	0.457	0.344	0.228	0.131	0.064
0.8	0.484	0.458	0.386	0.290	0.191	0.110	0.053
1.2	0.365	0.345	0.290	0.216	0.142	0.081	0.039
1.6	0.243	0.229	0.192	0.192	0.092	0.052	0.024
2	0.141	0.132	0.110	0.081	0.052	0.029	0.013
2.4	0.069	0.065	0.054	0.039	0.025	0.013	0.006

Tabela Z1.7

y \ x	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4
0	0.543	0.516	0.443	0.342	0.236	0.145	0.079
0.4	0.516	0.491	0.421	0.324	0.224	0.137	0.075
0.8	0.443	0.421	0.360	0.277	0.190	0.117	0.063
1.2	0.342	0.324	0.277	0.212	0.145	0.089	0.048
1.6	0.236	0.224	0.191	0.145	0.099	0.060	0.032
2	0.145	0.138	0.117	0.089	0.060	0.036	0.019
2.4	0.079	0.075	0.064	0.048	0.032	0.019	0.010

Wydrukowano w 10 egz.  
Egz.nr 1-10 Bibl.Nauk DZS  
Wyd. ppłk Jakubczak  
Druk T.J.dn.23.3.84 r.  
Druk ASG WP nr 0682/WW

```

PROGRAM(POWA)
COMPACT
COMPRESS INTEGER AND LOGICAL
INPUT 1=CRO
OUTPUT 2=LPO
USE 5=/ARRAY
TRACE 0
END
MASTER STRATYPOW
INTEGER IRA(20)
REAL R(3), AKR(20), G(20)
REAL S(10), W(10), SM(10), GM(10)
INTEGER LEJ(10)
COMMON/WYBUCH/ NO(10), KI, PO
COMMON/OBIKT/ S, W, SM, GM, LEJ
DATA JEDEN/4H 1/
CALL DEFBUF(5,80,IRA)
5 READ(1,520,END=60) IRA
520 FORMAT(20A4)
510 FORMAT(1X,20A4)
WRITE(2,510) IRA
IRA(20)=JEDEN
READ(5,100) A,B,PW,PU
C A-GLEBOKOSC/2, B-SZEROKOSC/2, PW-WSPOLCZYNNIK ROZPOZNANIA
100 FORMAT(20F0.0)
KI=1
S(KI)=B+B
W(KI)=A+A
READ(1,520) IRA
WRITE(2,510) IRA
READ(5,200) Q,IRW,D
C Q-NOC WYB; IRW-RODZAJ WYB; D-KROK OBLICZEN
200 FORMAT(F0.0, I0, F0.0)
CALL SSWTCH(1,IBIT)
CALL SSWTCH(2,JBIT)
IBIT=IBIT-JBIT
DO 50 I=1,3
CALL PROM(Q,IRW,I,K)
WRITE(2,300) R,A,B,PW,Q,IRW
300 FORMAT (1H1///32H STRATY OBIKTU POWIERZCHNIOWEGO//3F7.3/,
-2F5.2, F6.2/F8.3, 2I4//)
YC=0
YCK=B+R(3)
10 J=0
XC=0
XCK=A+R(3)
20 J=J+1
AKR(J)=XC
IF(IBIT) 23,0,26
CALL STRATY(A,B,R,PW,XC,YC,G(J))
GO TO 29
23 CALL GPORO(A,B,R,PW,XC,YC,G(J))
GO TO 29
26 CALL STRA(A,B,R,XC,YC,G(J))
29 CONTINUE
IF(G(J)-0.001) 30,0,0
XC=XC+D

```

```
IF(J-19) 0,30,30
IF(XC-XCK) 20,20,0
30 IF(YC) 0,0,40
WRITE(2,400) (AKR(K),K=1,J)
400 FORMAT(6X,19F6.2//)
40 WRITE(2,500) YC,(G(K),K=1,J)
500 FORMAT(/F6.2,19F6.3)
IF(G(1)-0.001) 50,50,0
YC=YC+D
IF(YC=YCK) 10,10,0
50 CONTINUE
GO TO 5
60 STOP
```

```
END
REAL FUNCTION WSK(R)
C OBLICZANIE WSPOLCZYNNIKA K
REAL R(3)
R1=R(1)
R2=R(2)
R3=R(3)
AK=R2+R1
A =R2-R1
AK=AK*A
AK=AK+AK
A =R3+R1
AR=R3-R1
A =AR*A
A =A+AK
WSK=4./A
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE WSP(A,B,PW,XC,YC,AK)
C OBLICZANIE SIX,SIY,AKX
INTEGER LEJ(10)
REAL S(10),G(10),SM(10),GM(10)
COMMON/OBIKT/ S,G,SM,GM,LEJ
COMMON/WYBUCH/ NO(10),K,PO
COMMON/BLOK/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY,AKY,YCK,YCK2,ZU,ZV
COMMON/ALA/L
DATA PD/0.70710678118/
L=L+1
```

```
C
IF(L-LA)0,10,0
LA=L
PX=SQR_T(PW)
CALL PSI(PX,WD)
M=NO(K)
```

```
C DLA NIECE LNEG0 WYBUCHU OKRESLENIE SIGMY-WEDLUG PIERWSZEGO OBIKTU
IF(M) 0,0,3
M=1
GOTO 4
3 IF(LEJ(M)-1) 0,0,5
4 SRX=G(M)
POM=S(M)
GO TO 7
5 SRX=GM(M)
POM=SM(M)
7 CONTINUE
```

```
SRX=SRX/WD  
SRX=SRX*SRX  
PX=SQRT(PO)  
CALL PSI(PX,W)  
SIX=A/W  
SIX=SIX*SIX  
SX=SIX+SRX  
PSX=SQRT(SX)
```

10

```
SIY=B/W  
SIY=SIY*SIY  
SRX=POM/WD  
SRX=SRX*SRX  
SY=SIY+SRX  
PSY=SQRT(SY)  
SIX=PD/PSX  
SIY=PD/PSY  
AKX=AK*SX  
AKX=AKX+AKX  
AKX=1+AKX  
AKX=SQRT(AKX)  
AKY=AK*SY  
AKY=AKY+AKY  
AKY=1+AKY  
AKY=SQRT(AKY)  
ZY=AKX*SIX  
ZV=AKY*SIY  
AKX=1/AKX  
AKY=1/AKY  
XCK=XC*AKX  
ZX=XCK*SIX  
XCK2=XCK*XCK  
YCK=YC*AKY  
ZU=YCK*SIY  
YCK2=YCK*YCK  
RETURN  
END
```

```
SUBROUTINE GXI(XC,AI,AK,GX)  
COMMON/PLOK/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY,AKY,YCK,YCK2,ZU,ZV
```

C

```
GX=AI-XCK2  
GX=AK*GX  
GX=AKX+EXP(GX)  
AI=SQRT(AI)  
ZK=AI*ZY  
Z1=ZX-ZK  
Z2=ZX+ZK  
ZK=Z+FIL(Z1)-FIL(Z2)  
GX=GX+ZK  
Z1=XC+AI  
Z1=Z1*SIX  
Z2=XC-AI  
Z2=Z2*SIX  
ZK=FIL(Z1)-FIL(Z2)  
GX=ZK+GX  
RETURN  
END
```

```
SUBROUTINE GYI(YC,CI,H,GY,I)  
COMMON/PLOK/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY  
IF(I-1)0,0,10
```

```
Y=YC
C=CI-H
X=Y+C
Z=Y-C
X=X*SIY
Z=Z*SIY
FI=FIL(X)
FIM=FIL(Z)
GOTO20
10 FI=X
FIM=Z
20 X=Y+CI
Z=Y-CI
X=X*SIY
Z=Z*SIY
X=FIL(X)
Z=FIL(Z)
GY=X-FI-Z+FIM
RETURN
END
SUBROUTINE STRAT(A,B,R,P,W,X,C,Y,C,GS)
C WE-A-GLEBOKOSC OBIEKTU/Z
C WE-B-SZEROKOSC OBIEKTU/Z
C WE-R-PROMIENIE RAZENIA(TABLICA)
C WE-PW-WSPOLCZYNNIK ROZPOZNANIA
C WE-(XC,YC)-PUNKT CELOWANIA
C WY-GS-STRATY OBIEKTU
REAL R(3)
COMMON/BLOK/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY,AKY,YCK,YCK2,ZU,ZV
DATA M/10/

AK=WSK(R)
CALL WSP(A,B,PW,XC,YC,AK)
AR=R(1)
GS=0
CI=0
H=AR/M
HA=H/2
DO 10 I=1,M
  CI=CI+H
  CIK=CI-HA
  AI=AR+CIK
  AX=AR-CIK
  AI=AI*AX
  CALL GXI(XC,AI,AK,GX)
  CALL GYI(YC,CI,H,GY,I)
  GS=GS+GX*GY
10 CONTINUE
GU=AR*AR
GU=GU-XCK2-YCK2
GU=EXP(AK*GU)
AI=AKX*AKY
GU=GU*AI
AI=ZV*AP
AX=ZU-AI
AI=ZU+AI
GU=GU*(2. +FIL(AX)-FIL(AI))
GS=GS/2
GS=GS+GU
```

```
GS=GS/2
RETURN
END
SUBROUTINE PSI(Z,X)
3  OBLICZANIE FUNKCJI ODWRUTNEJ DO LAPLECE'A
C   Z - WARTOSCI FUNKCJI FI
C   X - WARTOSC FUNKCJI PSI
C
COMMON/PLOC/ IFI(31),LST
IZ = Z*LST
DO 10 I=2,31
  IF(IZ-IFI(I)) 30,20,0
10  CONTINUE
  X = 60
  RETURN
20  X = I-1
  GO TO 40
30  IZ = I-1
  LD = IZ-IFI(IZ)
  DZ = IFI(I)-IFI(IZ)
  DZ=LD/DZ
  IZ = IZ-1
  X = DZ + IZ
40  X = X/10
  RETURN
END
BLOCK DATA
COMMON/PLOC/ IFI(31),LST
DATA IFI/0,112463,222703,328627,428592,520500,603856,677801,
1 742101,796908,842701,880205,910314,934008,952285,
2 966105,976348,983790,989091,992790,995322,997021,
3 998137,998857,999311,999593,999764,999866,999925,
4 999959,999978/,LST/1000000/
END
REAL FUNCTION FIL(X)
COMMON/PLOC/ IFI(31),LST
X1 = ABS(X)
IF(X1-3) 0,0,20
DX = X1*10
I = DX
DX = DX_I
I = I+1
Y = IFI(I+1)-IFI(I)
Y = Y*DX+IFI(I)
FIL = Y/LST
IF(X) 0,10,10
FIL = -FIL
10 RETURN
20 FIL = 1
IF(X) 0,10,10
FIL = -1
GO TO 10
END
SUBROUTINE PROM(Q,RW,RU,R)
INTEGER RU,RW,I
REAL TPJ(7,6), TWA(30,4), R(3), Q, QQ
INTEGER M,N,KA,GM,DT,WYJ,NRZT,U
REAL TP100,TP50,TP0,W
COMMON /TETA/ KA,GM,DT,WYJ,NRZT,U
```

C

DATA TPJ	1	2	3	4	5		
1	.80	.64	.79	.72	.43	.24	.17
2	.86	.70	.85	.76	.47	.25	.18
3	1.0	.74	.96	.81	.52	.27	.22
4	.79	.71	.78	.72	.42	.16	.12
5	.85	.75	.84	.76	.46	.17	.13
6	1.0	.80	.95	.81	.51	.20	.16

C

DATA TWA	1	2	3	4	5	6					
1	3*- .15	2*- .17	0	3*- .19	3*- .21	0*- .16	3*- .20	2*- .17	0		
2	3*- .15	2*- .17	0	3*- .19	3*- .21	0*- .16	3*- .20	2*- .17	0		
3	-.03	.04	2* .08	.1	.09	3*- .16	3*- .19	3*- .17	3*- .18	-.13	
4	-.06	.01	3* 0	-.13	-.06	.01	3* 0				
5	.01	.02	.01	.05	.02	.01	3*- .18	3*- .19	3*- .18	3*- .08	2*- .02
6	-.01	3* .04	2*- .02	-.01	3* .04						

C

```

DT=281279
N = DT/100
M = N/100
M = M*100
M = N - M
GO TO (0,2,2,2,2,2,2,2,2,0,0) M
N = 0
2 W = 1
QQ = Q*(1./3)
IF (RU-5) 0, 0, 90
IF (N) 3, 0, 3
W = 0.9
3 I = 6*(RU-1)+RW*3+1

```

C

```

IF (Q-1) 0, 10, 10
TP100 = Q**TWA(I,1)
TP50 = Q**TWA(I+1,1)
TP0 = Q**TWA(I+2,1)
GO TO 100
10 IF (Q-10) 0, 20, 20
TP100 = Q**TWA(I,2)
TP50 = Q**TWA(I+1,2)
TP0 = Q**TWA(I+2,2)
GO TO 100
20 IF (Q-100) 0, 30, 30
TP100 = 10.**(TWA(I,2)-TWA(I,3))*(Q**TWA(I,3))
TP50 = 10.**(TWA(I+1,2)-TWA(I+1,3))*(Q**TWA(I+1,3))
TP0 = 10.**(TWA(I+2,2)-TWA(I+2,3))*(Q**TWA(I+2,3))
GO TO 100
30 TP100 = 10.**(TWA(I,2)+TWA(I,3)-2*TWA(I,4))*(Q**TWA(I,4))
TP50 = 10.**(TWA(I+1,2)+TWA(I+1,3)-2*TWA(I+1,4))*(Q**TWA(I+1,4))
TP0 = 10.**(TWA(I+2,2)+TWA(I+2,3)-2*TWA(I+2,4))*(Q**TWA(I+2,4))
GO TO 100
90 TP100 = 1
TP50 = 1
TP0 = 1
IF (N) 100, 0, 100
IF (RW) 100, 100, 0
W = 1.4
100 R(1) = TPJ(RU,RW*3+1)*TP100*QQ*W
R(2) = TPJ(RU,RW*3+2)*TP50*QQ*W
R(3) = TPJ(RU,RW*3+3)*TP0*QQ*W
RETURN

```

END  
SUBROUTINE GPORO(BB,AA,R,PW,XC,YC,S)

C  
C WE - BB - GLEBOKOSC OBIEKTU/2  
C WE - AA - SZEROKOSC OBIEKTU/2  
C WE - R - TABLICA PROMIENI KAZENIA  
C WE - PW - WSPOLCZYNNIK ROZPOZNANIA  
C WE - (XC,YC) - PUNKT CELOWANIA  
C WY - S - STRATY OBIEKTU POWIERZCHN

C  
REAL R(3),G(3)  
REAL SZ(10),GL(10),SM(10),GM(10)  
COMMON/OBIEKT/ SZ,GL,SM,GM,LEJ(10)  
COMMON/WYBUCH/NO(10),K  
COMMON/BLOK/ SIX,SIY,SIG

M=NO(K)  
IF(M) 0,0,3  
M=1

GO TO 4  
3 IF(LEJ(M)-1) 0,0,5  
4 A=SZ(M)  
B=GL(M)  
GO TO 7  
5 A=SM(M)  
B=GM(M)  
7 PX=SQRT(PW)  
CALL PSI(PX,SIG)  
SIG=SIG+SIG  
SIX=SIG/B  
SIY=SIG/A  
S = 0  
DO 10 I=1,3  
CALL GPOW(BB,AA,R(I),PW,XC,YC,G(I))  
S = S+G(I)  
10 CONTINUE  
S = S+G(2)

RETURN  
END  
SUBROUTINE GPOW(D,B,R,PW,XC,YC,GP)

C  
C OBLICZANIE STRAT OBIEKTU POWIERZCHNIOWEGO  
C D,B - DLUZOSC, SZEROKOSC; R - PROMIEN; PW - PRAWDOPOD.; (XC,YC) - PUNKT CELOW.  
COMMON/BLOK/ SIX,SIY,SIR  
DATA N/20/,N1/10/,N2/11/  
SIG=SIR  
U=D-XC  
U = U+SIX  
V=B\*SIY  
A = R+R  
H = A/N  
YI = YC+R  
H2 = H/2  
YI=YI+H2  
GP = 0  
DH = -H2  
A2 = A+H2  
DO 10 I=1,N  
YI1 = YI-A2  
A2 = A2-H

```
I1=I-N1
IF(I1) 5,5,0
I1=N2-I1
GX=G(I1)
GO TO 7
```

```
5 CONTINUE
  DH = DH+H
  AI = A2*DH
  AI = SQRT(AI)
  V2 = AI*SIX
  U2 = U-V2
  V2 = U+V2
  U1 = U2-SIG
  V1 = V2-SIG
  CALL GLIN(U1,U2,V1,V2,GX)
```

```
G(I)=GX
```

```
7 CONTINUE
  V2 = YI1*SIY
  V2 = V-V2
  V1 = V2-SIG
  U2 = YI_A2
  U2 = U2*SIY
  U2 = V-U2
  U1 = U2-SIG
  CALL GLIN(U1,U2,V1,V2,GY)
  GX = GX*GY
  GP = GP+GX
```

```
10 CONTINUE
  SIG = SIG+SIG
  SIG = SIG*16
  GP = GP/SIG
  RETURN
  END
```

```
SUBROUTINE GLIN(U1,U2,V1,V2,G)
```

```
DATA PIP/0.56418958/
```

```
C OBLICZANIE FUNKCJI G DLA OBIEKTU LINIOWEGO
```

```
POM = U1*FIL(U1)+V2*FIL(V2)-U2*FIL(U2)-V1*FIL(V1)
```

```
X1 = U1*U1
```

```
X2 = U2*U2
```

```
Y1 = V1*V1
```

```
Y2 = V2*V2
```

```
G = EXP(-X1)+EXP(-Y2)-EXP(-X2)-EXP(-Y1)
```

```
G = G*PIP
```

```
G = G+POM
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
SUBROUTINE STRO(R,S,G,X,Y,P)
```

```
INTEGER E,I,N
```

```
REAL R,S,G,X,Y,P1,P,Y1,R1,A,B,C,D,F,K,XA,XB,X1,X2
```

```
REAL Y2
```

```
DATA N/20/
```

```
Y2=Y
```

```
R1=R*R
```

```
A = X-G/2
```

```
B = Y-S/2
```

```
F = B+S
```

```
Y1= S/N
```

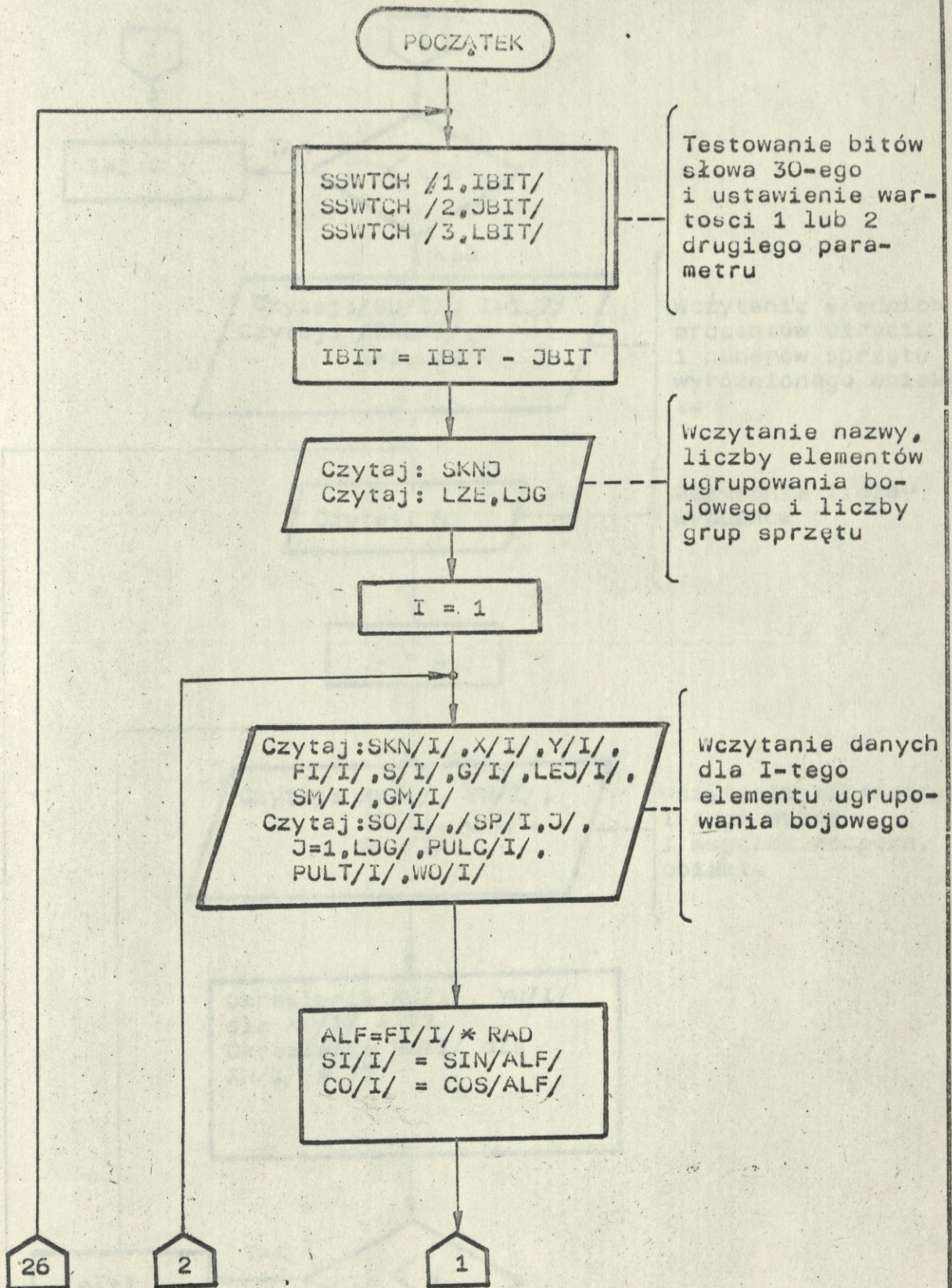
```
Y2=B-Y1
```

```
POM=Y1*0.5
```

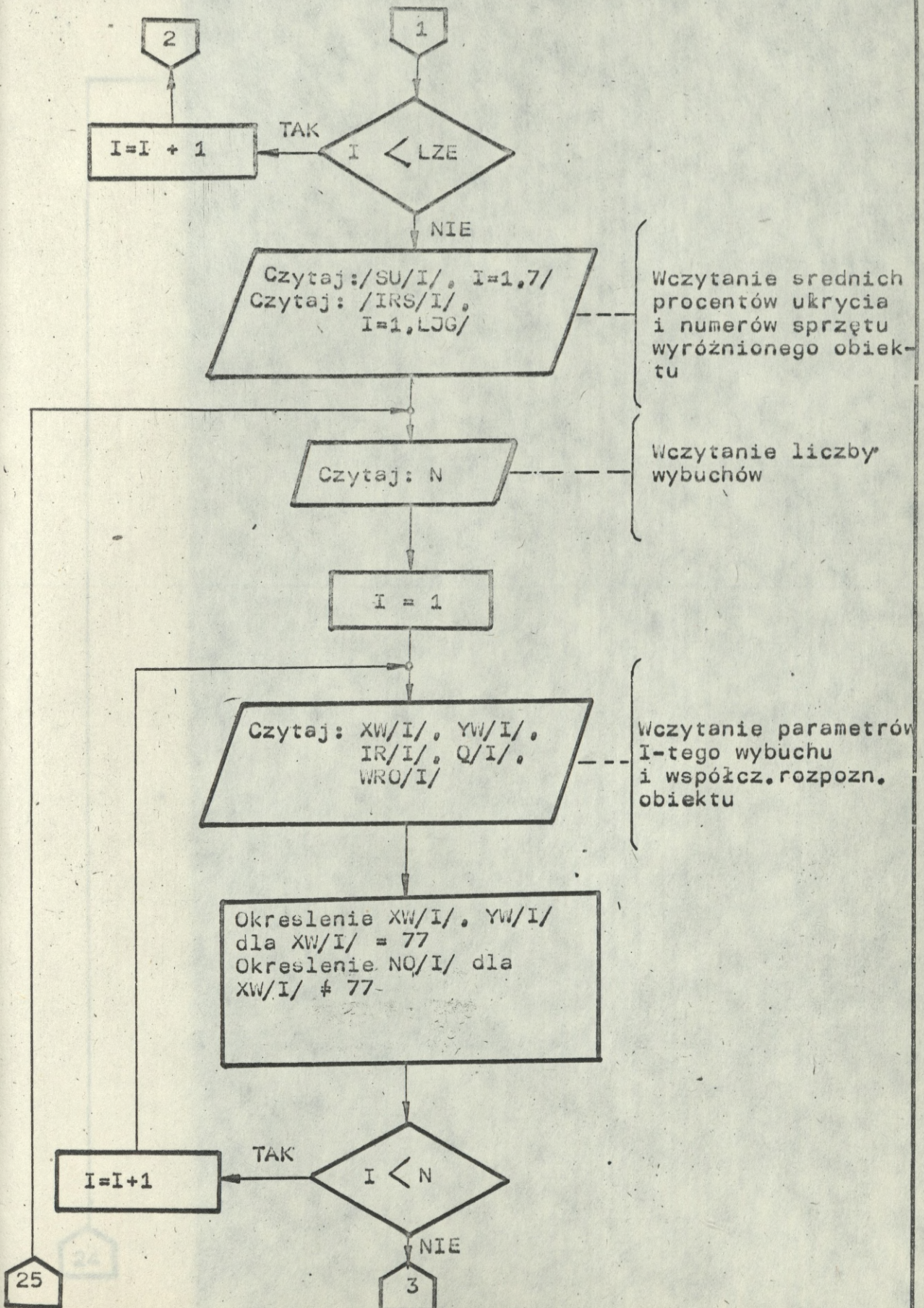
```
Y2=Y2+POM
P = 0
XA= A
XB= A+G
110 Y2=Y2+Y1
P1= 0
K = ABS(Y2)
IF(K,GE,R)GO TO 130
C=R1-Y2*Y2
X2 = SQRT(C)
X1=-X2
E = 0
IF(X1,GT,XA)E=E+8
IF(X1,GT,XB)E=E+4
IF(X2,GT,XA)E=E+2
IF(X2,GT,XB)E=E+1
IF(E,EQ,2) P1=X2-XA
IF(E,EQ,3) P1=XB-XA
IF(E,EQ,10) P1=X2-X1
IF(E,EQ,11) P1=XB-X1
P1=Y1*P1
P=P+P1
130 IF(Y2+Y1.LT,F)GOTO 110
K = S*G
P = P/K
RETURN
END
SUBROUTINE STRA(A,B,K,XC,YC,ST)
REAL R(3),SR(3)
ST=0
X=-XC
Y=-YC
G=A+A
S=B+B
DO 10 I=1,3
CALL STP0(R(I),S,G,X,Y,SR(I))
ST=ST+SR(I)
10 CONTINUE
ST=ST+SR(2)
ST=ST*0.25
RETURN
END
FINISH
```

ALGORYTM BLOKOWY  
PROGRAMU POLK

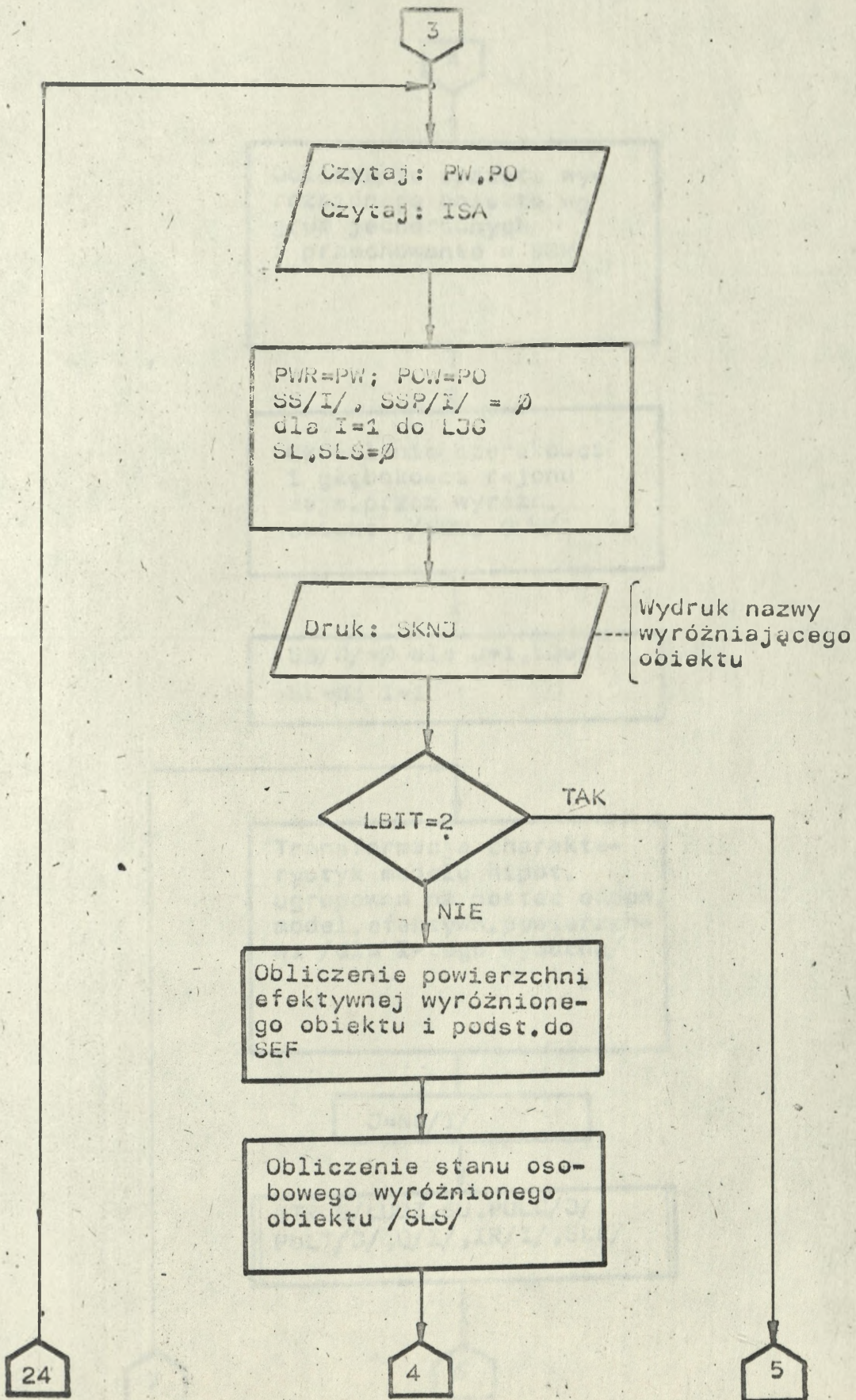
BL



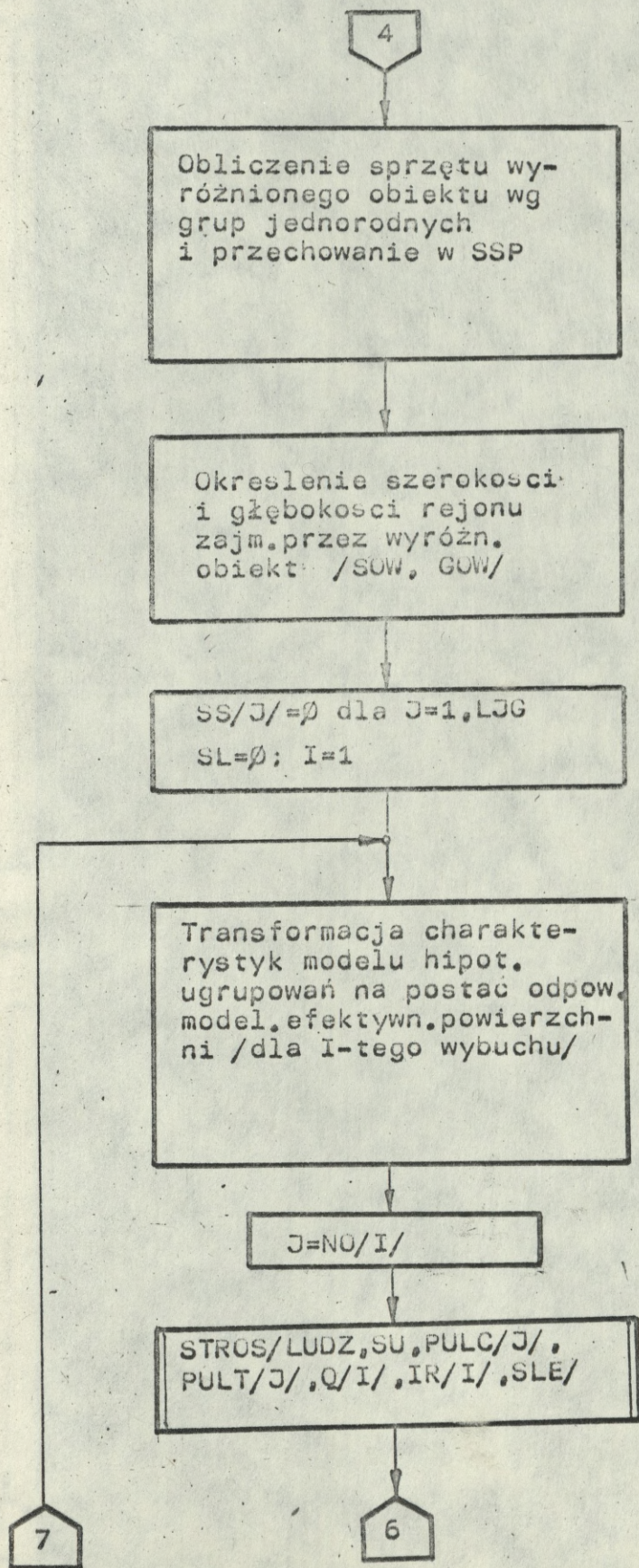
BL



BL

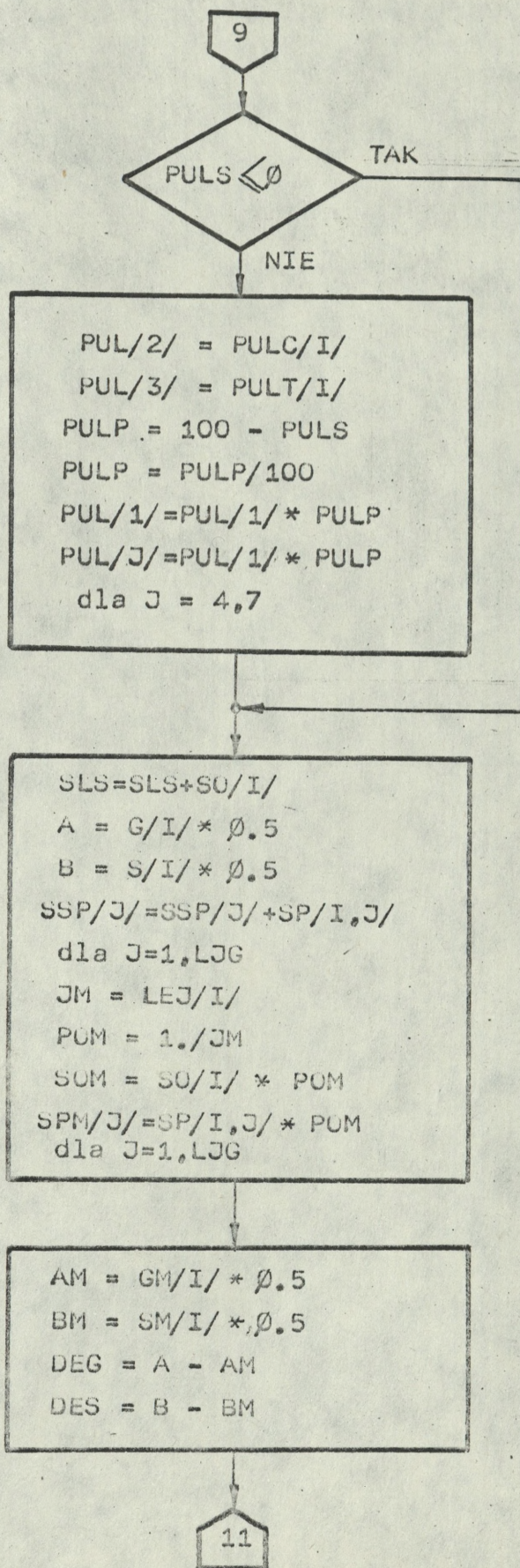


BL

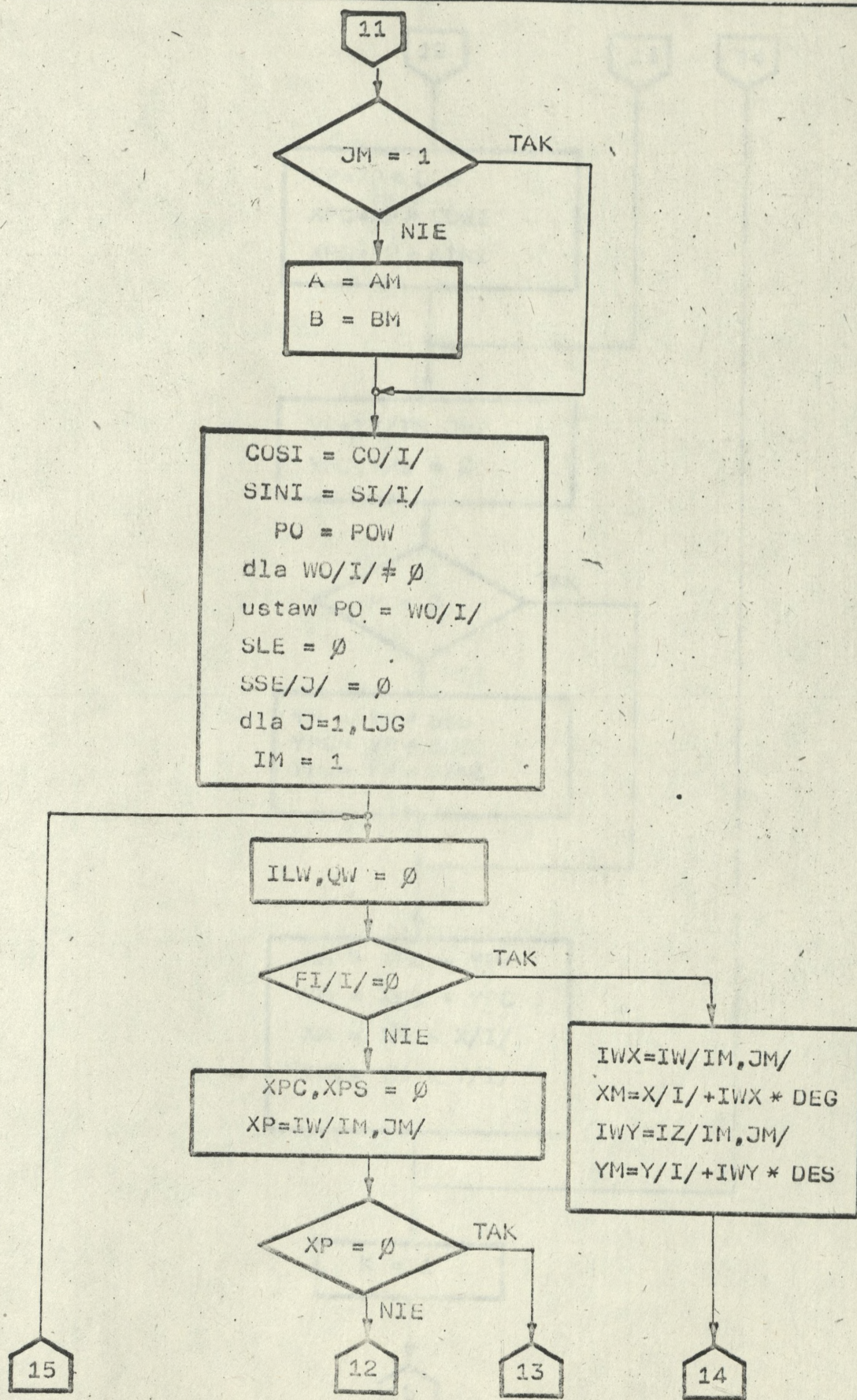




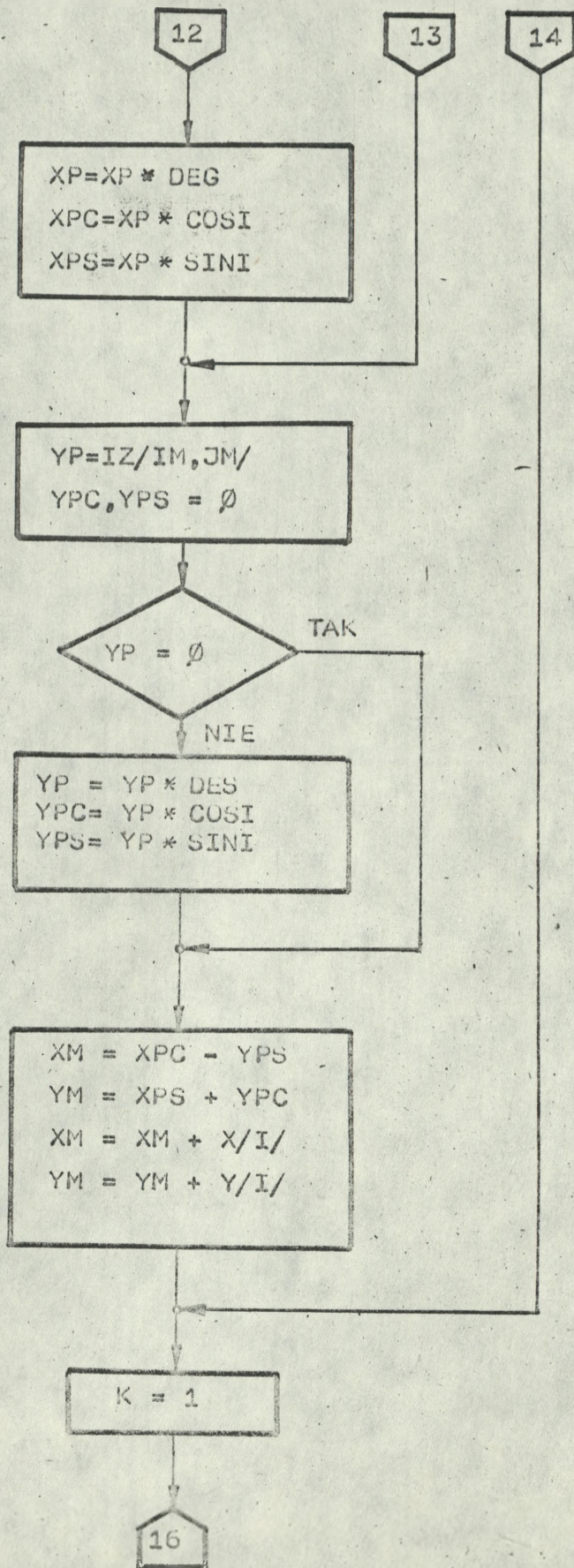
BL



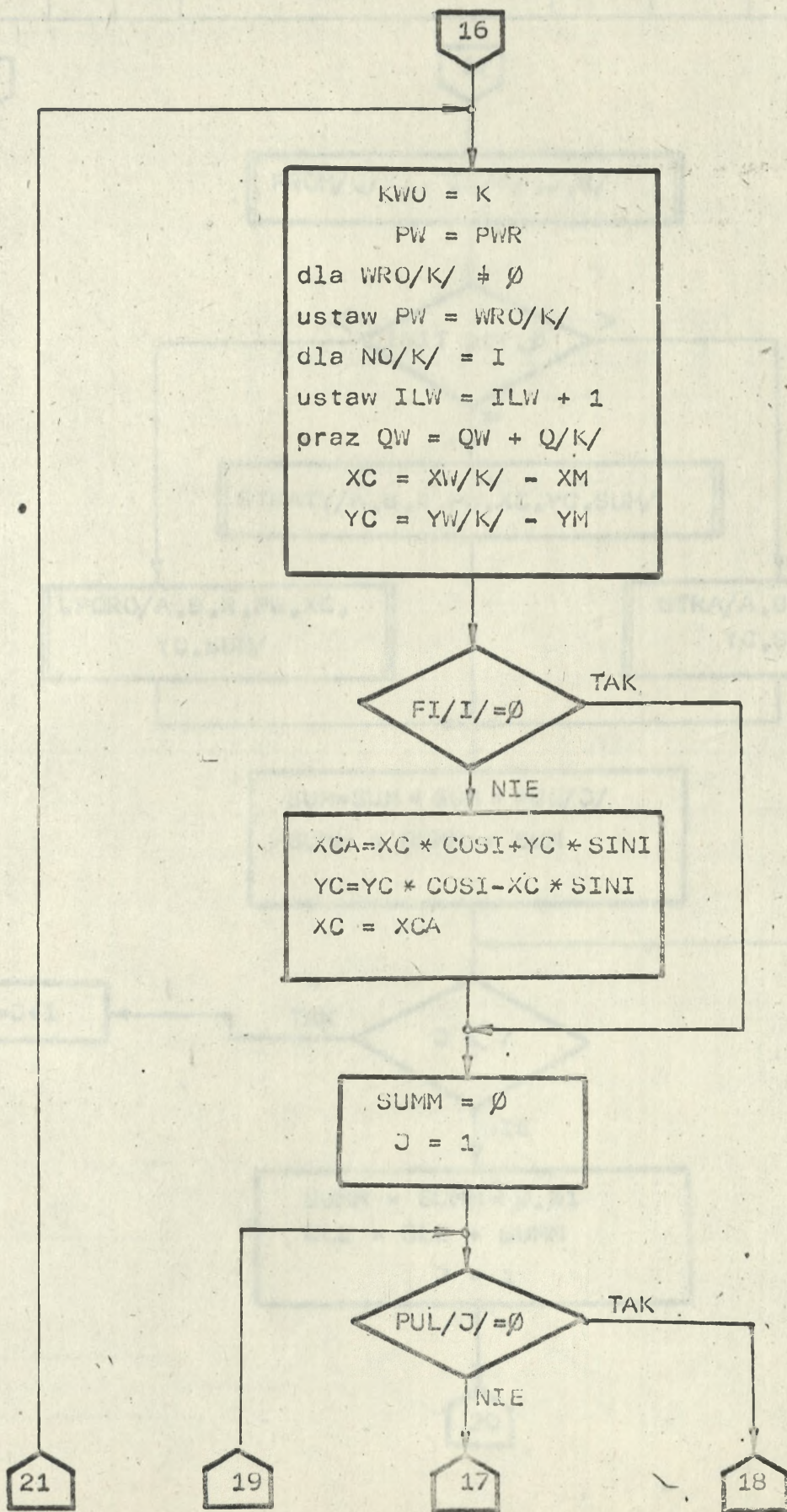
BL



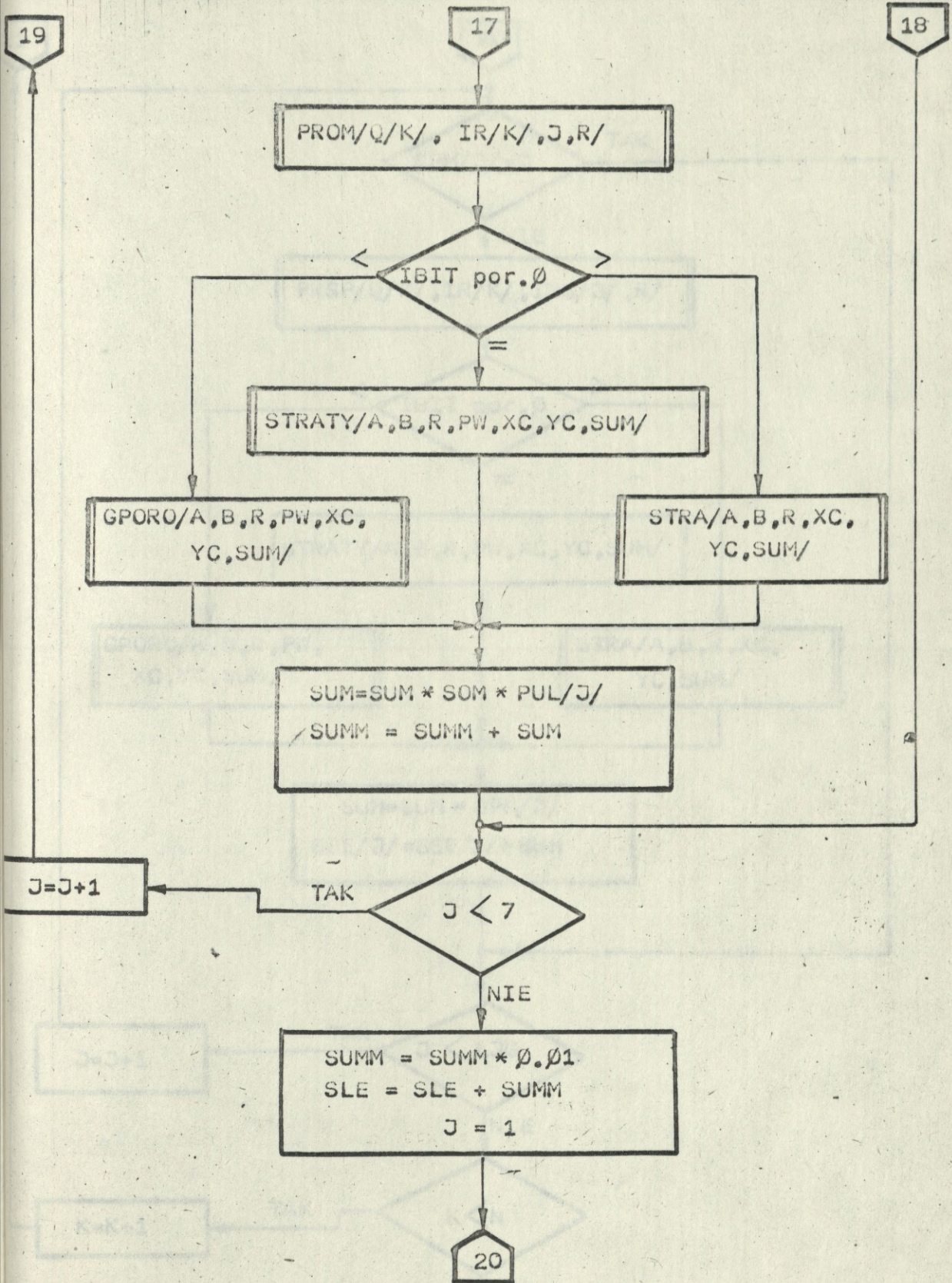
BL



BL



BL



BL

21

20

SPM/J/ = 0

TAK

NIE

PRSP/Q/K/ , IR/K/ , IRS/J/ , R/

< IBIT por. 0 >

=

STRATY/A, B, R, PW, XC, YC, SUM/

GPORO/A, B, R, PW,  
XC, YC, SUM/

STRA/A, B, R, XC,  
YC, SUM/

SUM = SUM \* SPM/J/  
SSE/J/ = SSE/J/ + SUM

J < L3G

TAK

J = J + 1

NIE

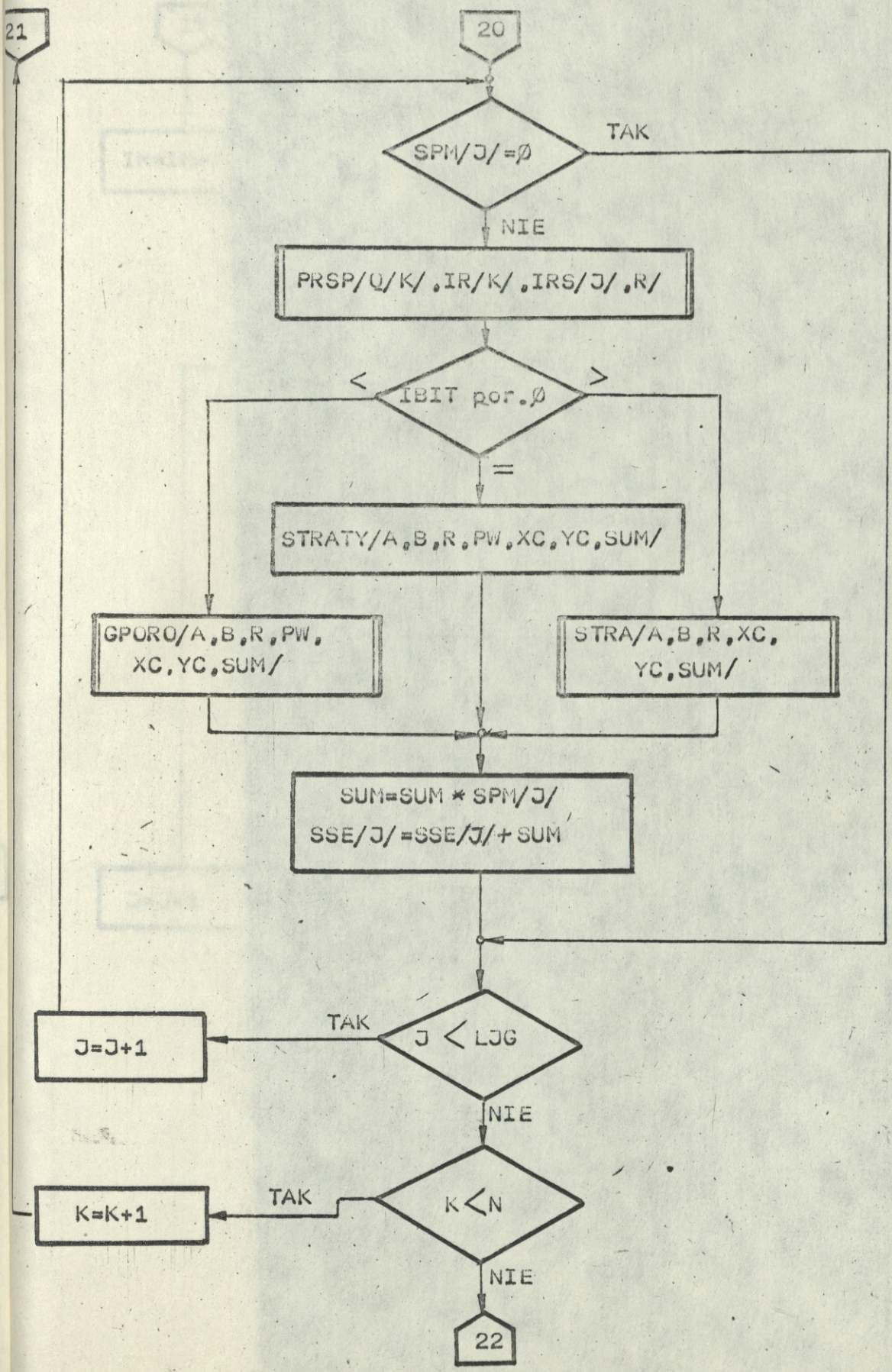
K < N

TAK

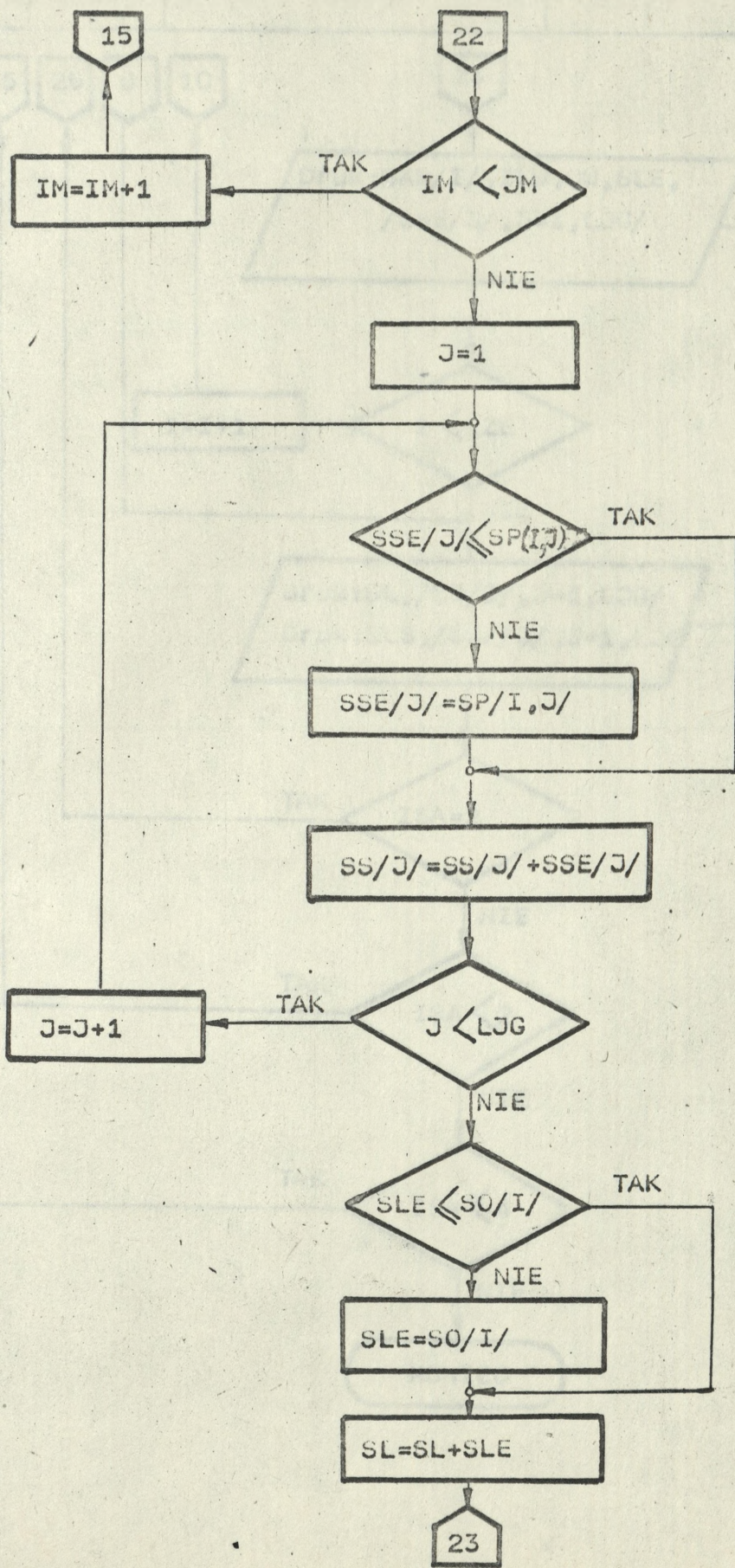
K = K + 1

NIE

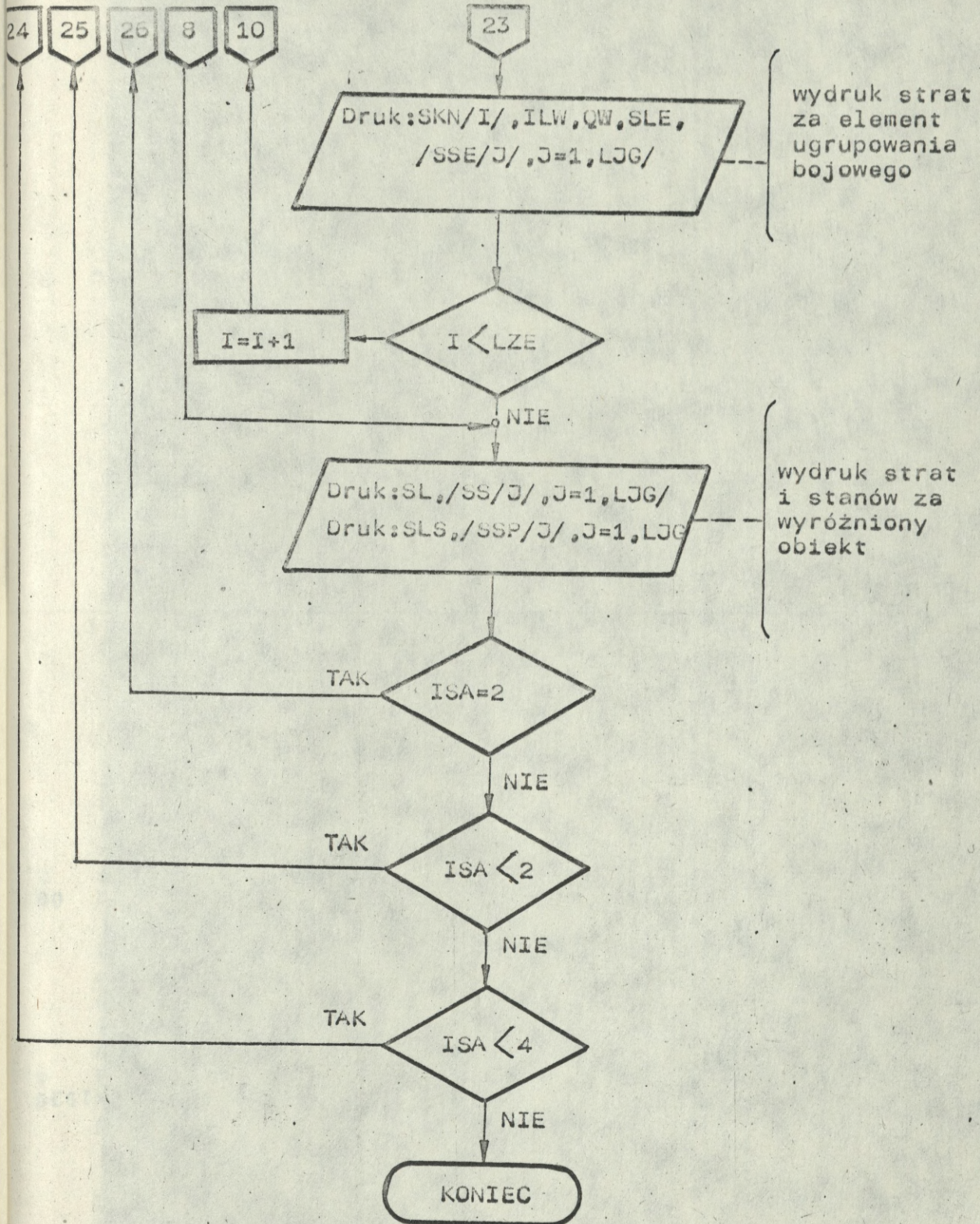
22



BL



BL



GENERAL LISTING (XRLP) 23/03/84

```

PROGRAM(POLK)
COMPACT
COMPRESS INTEGER AND LOGICAL
INPUT 1=CRO
OUTPUT 2=LPO
USE 5=/ARRAY
TRACE 0
END
MASTER POLK
INTEGER LUDZ(3)
REAL SI(10),CO(10),PUL(7)
REAL SSF(7),PULC(10),PULT(10),WO(10),WRO(10)
REAL SM(10),GM(10),SPM(7)
REAL SKN(10),X(10),Y(10),FI(10),S(10),G(10),SP(10,7),SU(7),XW(10),
- YW(10),Q(10),SSP(7),R(3),SO(10)
INTEGER SS(7),SL,ISE(7)
INTEGER IRA(20),IR(10)
INTEGER IRS(10)
INTEGER IW(4,4),IZ(4,4),LEJ(10)
INTEGER SKNJ(20)
COMMON/BAZA/ NC2S,NC2G,NC1S,NC1G,NPPS,NPPG,ILEB,ILEK
COMMON/OBIKT/ S,G,SM,GM,LEJ,SP
COMMON/WYBUCH/ NO(10),K,PO
COMMON/ALA/ KWO
EQUIVALENCE (LUDZ(1),LEPP),(LUDZ(2),LEC1),(LUDZ(3),LEC2)
DATA DYCH/10./
DATA NRC/9/,NRT/11/
DATA IW/8*0,-1,-1,1,0,-1,-1,1,1/,IZ/4*0,-1,1,0,0,-1,1,0,0,-1,1,1,
1 -1/,JEDEN/4H 1 0/,IZER/4H 0 0/
DATA RAD/0.017453292>199/
DATA ISIE/4H 7/,JZER/4H 0/
CALL DEFBUF(5,80,IRA)
9 READ(1,110) IRA
CALL SSWTCH(1,IBIT)
CALL SSWTCH(2,JBIT)
CALL SSWTCH(3,LBIT)
IBIT=IBIT-JBIT
WRITE(2,1100) IRA
110 FORMAT(20A4)
1100 FORMAT(1X,20A4)

READ(5,110) SKNJ
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
IRA(20)=ISIE
READ(5,100) LZE,LJG
100 FORMAT(10I0)
BEGIN:01-CYKL CZYTANIA DANYCH O OBIEKTACH-ELEMENTACH
DO 10 I=1,LZE
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
IRA(19)=JEDEN
IRA(20)=IZER
READ(5,200) SKN(I),X(I),Y(I),FI(I),S(I),G(I),SO(I),STEL,SM(I),
1 GM(I)
200 FORMAT(A8,9F0.0)
LEJ(I)=STEL

```

```
IF(SO(I)-9) 0,0,2100
READ(5,210) SKN(I),X(I),Y(I),FI(I),S(I),G(I),LEJ(I),SM(I),GM(I)
210 FORMAT(A8,5F0.0,10,2F0.0)
2100 CONTINUE
ALF=FI(I)*RAD
SI(I)=SIN(ALF)
CO(I)=COS(ALF)
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
IRA(19)=JZER
IRA(20)=IZER
IF(SO(I)-9) 0,0,2200
READ(5,300) SO(I),(SP(I,J),J=1,LJG),PULC(I),PULT(I),WO(I)
GO TO 10
2200 CONTINUE
READ(5,300) (SP(I,J),J=1,LJG),PULC(I),PULT(I),WO(I)
300 FORMAT(11F0.0)
10 CONTINUE
END:01
```

```
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
READ(5,300)(SU(I),I=1,7)
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
READ(5,100)(IRS(J),J=1,LJG)
150 CONTINUE
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
READ(5,100) N
DO 160 I=1,N
160 NO(I)=0
BEGIN:02-CYKL CZYTANIA PARAMETROW WYBUCH;PRZYWIAZANIA WYB.DO OBIEKTU
DO 20 I=1,N
READ(1,110) IRA
WRITE(2,1100) IRA
IRA(20)=JZER
READ(5,400) XW(I),YW(I),IR(I),Q(I),WRO(I)
400 FORMAT(2F0.0,10,3F0.0)
IF(XW(I)-77) 15,0,15
J=YW(I)
NO(I)=J
XW(I)=X(J)
YW(I)=Y(J)
JM=LEJ(J)
IF(JM-1) 20,20,0
IM=1
XP=IW(IM,JM)
YP=IZ(IM,JM)
DEG=G(J)-GM(J)
DEG=DEG*0.5
DES=S(J)-SM(J)
DES=DES*0.5
IF(FI(J)) 0,13,0
COSI=CO(J)
SINI=SI(J)
XPC,XPS=0
IF(XP) 0,11,0
XP=XP*DEG
```

```

XPC=XP*COSI
XPS=XP*SINI
11  YPC,YPS=0
    IF(YP) 0,12,0
    YP=YP+DFS
    YPC=YP*COSI
    YPS=YP*SINI
12  XM=XPC-YPS
    ,YM=XPS+YPC
    GO TO 14
13  XM=XP*DFG
    YM=YP*DFS
14  XW{I}=XW{I}+XM
    YW{I}=YW{I}+YM
    GO TO 20
15  XQ=XW{I}
    YQ=YW{I}
    DO 18 L=1,LZE
        XC=XQ-X{L}
        YC=YQ-Y{L}
        IF(FI(L)) 0,16,0
        YS=YC+SI(L)
        XS=XC+SI(L)
        YC=YC+CO(L)
        XC=XC+CO(L)
        XC=XC+YS
        YC=YC-XS
16  XC=XC+XC
    IF(G(L)-ABS(XC)) 18,0,0
    YC=YC+YC
    IF(S(L)-ABS(YC)) 18,0,0
    NO(I)=L
    GO TO 20
18  CONTINUE
20  CONTINUE
END:02
25  CONTINUE
    READ(1,110) IRA
    WRITE(2,1100) IRA
    READ(5,300) PW,PO
    PWR=PW
    POW=PO
    READ(1,110) IRA
    WRITE(2,1100) IRA
    READ(5,100) ISA
    DO 30 I=1,LJG
    SSP(I)=0
30  SS(I)=0
    SL=0
    SLS=0
    WRITE(2,1100)SKNJ
    IF(LBIT-2)0,3030,0
BEGIN:30-MODEL EFEKTYWNYCH POWIERZCHNI;DODATKOWE PARAMETRY
    SLS,SEF=0
    DO 3000 J=1,LJG
3000 SSP(J)=0
    XMIN,XMAX=X(1)
    YMIN,YMAX=Y(1)
    DO 3010 I=1,LZE
```

```
POM=S(I)*G(I)
SEF=SFF+POM
C OBLICZENIE POWIERZCHNI EFEKTYWNEJ PULKU
SLS=SLS+SO(I)
C OBLICZENIE STANU OSOBOWEGO PULKU
DO 3005 J=1,LJG
3005 SSP(J)=SSP(J)+SP(I,J)
C OBLICZENIE SPRZETU PULKU
SDP=0.5*S(I)
GDP=0.5*G(I)
POM=X(I)-GDP
IF(XMIN.GT.POM) XMIN=POM
POM=Y(I)-SDP
IF(YMIN.GT.POM) YMIN=POM
POM=X(I)+GDP
IF(XMAX.LT.POM) XMAX=POM
POM=Y(I)+SDP
IF(YMAX.LT.POM) YMAX=POM
3010 CONTINUE
C OKRESLENIE SZER I GLEB. PULKU
SOW=YMAX-YMIN
GOW=XMAX-XMIN
WRITE(2,3011) SOW,GOW
3011 FORMAT(17X,10F6.1)
SCA=SOW*GOW
SL=0
DO 3012 I=1,LJG
3012 SS(J)=0
DO 3020 I=1,N
J=NO(I)
ILEK=LEJ(J)
NC2S = SM(J)*DYCH
NC2G = GM(J)*DYCH
NC1S = S(J)*DYCH
NC1G = G(J)*DYCH
IF(ILEK.EQ.1) ILEK=0
NPPS = SOW*DYCH
NPPG = GOW*DYCH
ILEB=NINT(SLS /SO(J))
LEPP=SLS-SO(J)
LEC1=SO(J)
LEC2=0
IF(ILEK) 3015,3015,0
LEC2=LEC1/ILEK
LEC1=LEC1-LEC2
3015 CALL STROS(LUDZ,SU,PULC(J),PULT(J),Q(I),IR(I),SLE)
LUD=NINT(SLE)
SL=SL+LUD
CALL STRSP(LJG,SSP,J,Q(I),IR(I),IRS,SSE)
DO 3017 L=1,LJG
ISE(L)=NINT(SSE(L))
3017 SS(L)=SS(L)+ISE(L)
ILW=1
WRITE(2,901) SKN(J),ILW,Q(I),LUD,(ISE(L),L=1,LJG)
3020 CONTINUE
GO TO 83
C END:30
3030 CONTINUE
C CYKL ZEWNETRZNY PO OBIEKTACH(ELEMENTACH ZASADNICZYCH)
```

```
DO 30 I=1,LZE
DO 35 J=1,7
35 PUL(J)=SU(J)
PULC=PULC(I)+PULT(I)
IF(PULS) 37,37,0
PUL(2) = PULC(I)
PUL(3) = PULT(I)
PULP=100-PULS
PULP=PULP/100
PUL(1)=PUL(1)*PULP
DO 36 J=4,7
36 PUL(J)=PUL(J)*PULP
37 CONTINUE
SLS=SLS+S0(I)
A=G(I)*0.5
B=S(I)*0.5
DO 40 J=1,LJG
40 SSP(J)=SSP(J)+SP(I,J)
JM=LEJ(I)
POM=1/JM
SOM=S0(I)*POM
DO 45 J=1,LJG
SPM(J)=SP(I,J)*POM
45 CONTINUE
AM=GM(I)*0.5
BM=SM(I)*0.5
DEG=A-AM
DES=B-BM
IF(JM-1) 0,47,0
A=AM
B=BM
47 CONTINUE
COSI=CO(I)
SINI=SI(I)
PO=POW
IF(WO(I).NE.0) PO=WO(I)
SLE=0
DO 470 J=1,LJG
470 SSE(J)=0
DO 685 IM=1,JM
ILW=0
QW=0
IF(FI(I)) 0,490,0
XPC,XPS=0
XP=IW(IM,JM)
IF(XP) 0,48,0
XP=XP*DEG
XPC=XP*COSI
XPS=XP*SINI
48 YP=IZ(IM,JM)
YPC,YPS=0
IF(YP) 0,49,0
YP=YP*DES
YPC=YP*COSI
YPS=YP*SINI
49 XM=XPC-VPS
YM=XPS+YPC
XM=XM+X(I)
YM=YM+Y(I)
```

```
GO TO 65
490 CONTINUE
    XM=X(I)
    YM=Y(I)
    IF(IW(IM,JM)) 0,5,50
    XM=XM-DEG
    GO TO 55
50    XM=XM+DEG
55    IF(IZ(IM,JM)) 0,5,60
    YM=YM-DES
    GO TO 65
60    YM=YM+DES
C CYKL WEWNETRZNY PO WYBUCHACH
65    DO 680 K=1,N
    KWO = K
    PW=PWR
    IF(WRO(K).NE.0) PW=WRO(K)
    IF(NO(K,-I) 650,0,650)
    ILW=ILW+1
    QW=QW+Q(K)
650 CONTINUE
    XC=XW(K)-XM
    YC=YW(K)-YM
    IF(FI(I)) 0,66,0
    XCA=XC*COSI+YC*SINI
    YC=YC*COSI-XC*SINI
    XC=XCA
66    CONTINUE
    SUMM=0
    DO 67 J=1,7
    IF(PUL(J)) 0,67,0
        CALL PROM(Q(K),IR(K),J,R)
    IF(IBIT) 663,0,666
    CALL STRATY(A,B,R,PW,XC,YC,SUM)
    GO TO 669
663 CALL GPORO(A,B,R,PW,XC,YC,SUM)
    GO TO 669
666 CALL STRA(A,B,R,XC,YC,SUM)
669 CONTINUE
    IF(J=1) 0,0,660
    IF(SUM=0.001) 670,670,0
660 CONTINUE
    SUM=SUM+SOM*PUL(J)
    SUMM=SUMM+SUM
67    CONTINUE
    SUMM=SUMM+0.01
    SLE=SLE+SUMM
    DO 68 J=1,LJG
    IF(SPM(J)) 0,68,0
        CALL PRSP(Q(K),IR(K),IRS(J),R)
    IF(IBIT) 673,0,676
    CALL STRATY(A,B,R,PW,XC,YC,SUM)
    GO TO 679
673 CALL GPORO(A,B,R,PW,XC,YC,SUM)
    GO TO 679
676 CALL STRA(A,B,R,XC,YC,SUM)
679 CONTINUE
    SUM=SUM+SPM(J)
    SSE(J)=SSE(J)+SUM
```

```
68      CONTINUE
670     CONTINUE
680      CONTINUE
685      CONTINUE
        IF(IBIT) 687,0,687
        KWO=2
        AKI=WSK(R)
        CALL WSP(A,B,PW ,XC,YC,AKI)
687,    CONTINUE
        DO 74 J=1,LJG
          IF(SSP(J)-SP(I,J)) 75,75,0
          SSE(J)=SP(I,J)
75      ISE(J)=NINT(SSE(J))
          SS(J)=SS(J)+ISE(J)
74      CONTINUE
          IF(SLE_SO(I)) 76,76,0
          SLE=SO(I)
76      LUD=NINT(SLE)
          SL=SL+LUD
          IF(LUD) 0,80,0
          WRITE(2,901) SKN,I,ALW,QW,LUD,(ISE(J),J=1,LJG),
901     FORMAT(1X,A8,I3,F5.1,30I5)
900     FORMAT(1X,A8,I3,F5.1,30F6.1)
80      CONTINUE
83      CONTINUE
          WRITE(2,1000) SL,(SS(J),J=1,LJG)
1000    FORMAT(17X,30I5)
        SL=SLS
        DO 85 J=1,LJG
85      SS(J)=SSP(J)
          WRITE(2,1000) SL,(SS(J),J=1,LJG)
          IF(ISA-2) 150,9,0
          IF(ISA-4) 25,0,0
          WRITE(2,2000)
2000    FORMAT(30H KONIEC OBLICZEN PROGRAMU POLK)
        PAUSE
        STOP
        END
        REAL FUNCTION REF(IS,IG)
C  OBLICZENIE SREDNIEGO PROMIENIA DLA MODELU EFKETYWNYCH POWIERZCHNI
        SZ=IS*0.1
        GL=IG*0.1
        ROB=SZ*SZ
        POM=GL*GL
        ROB=ROB+POM
        ROB=SQRT(ROB)
        POM=GL
        IF(GL-SZ) 0,10,10
        IP=IS
        IS=IG
        IG=IP
        POM=SZ
10      ROB = ROB+POM
        REF = 0.25*ROB
        RETURN
        END
        SUBROUTINE PULP(SU,PULC,PULT,PU)
C  OBLICZANIE PROCENTOW UKRYCIA LUDZI EPP,EC1,EC2
C  WE=SU=WEKTOR PROCENTU UKRYCIA LUDZI WYKOZNIONEGO OBIEKTU
```

PULC,PULT-PROCENT UKRYCIA LUDZI EC1 W CZOLGACH,TRANSP  
WY-PU-PROCENTY UKRYCIA LUDZI EPP,EC1,EC2

```
REAL SU(7),PU(3,7)
DO 20 I=1,3
  DO 10 J=1,7
    PU(I,J)=SU(J)
10 CONTINUE
20 PULS=PULC+PULT
  IF(PULS) 40,40,0
  PU(2,2),PU(3,2)=PULC
  PU(2,3),PU(3,3)=PULT
  PULA=100-PULS
  PULA=PULA*0.01
  PU(2,1)=PU(2,1)*PULA
  PU(3,1)=PU(3,1)*PULA
  DO 30 J=4,7
    PU(2,J)=PU(2,J)*PULA
30    PU(3,J)=PU(3,J)*PULA
40 RETURN
END
```

SUBROUTINE STROS(LUDZ,SU,PULC,PULT,Q,IRW,STRAS)

OBLICZENIE STRAT LUDZI WYROZNIONEGO OBIEKTU  
WE - LUDZ - TABELA ILOSCI LUDZI W EPP,EC1,EC2  
WE - SU - TABELA PROCENTOWEGO ROZMIESZCZENIA LUDZI W UKRYCIACH  
WE - PULC,PULT - PROCENTY UKRYCIA LUDZI EC1 W CZOLG,TRANSP.  
WE - Q,IRW - MOC I RODZAJ WYBUCHU  
WY - STRAS - STRATY LUDZI

```
INTEGER LUDZ(3)
REAL PU(3,7),SU(7),R(3),SOG(5)
CALL WSPZC(1)
CALL PULP(SU,PULC,PULT,PU)
STRAS = 0
DO 20 I=1,7
  CALL PROM(Q,IRW,I,K)
  CALL PR2C(1,R,SOG)
  DO 10 J=1,3
    ROB=PU(J,I)*LUDZ(J)
    ROB=ROB*SOG(J)
10 ROB=ROB*0.01
  STRAS=STRAS+ROB
20 CONTINUE
RETURN
END
```

SUBROUTINE STRSP(LJG,SSP,NO,Q,IRW,IRS,SSE)

OBLICZANIE STRAT SPRZETU WYROZNIONEGO OBIEKTU  
WE - LJG - LICZBA JEDNORODNYCH GRUP SPRZETU  
WE - SSP - TABLICA SPRZETU WYROZNIONEGO OBIEKTU  
WE - NO - NUMER PRZEWIDYWANEGO OBIEKTU  
WE - Q,IRW - MOC I RODZAJ WYBUCHU  
WE - IRS - NUMERY GRUP SPRZETU W PRSP(TABLICA)  
WE - SP - TABLICA SPRZETU OBIEKTOW(PRZEWIDYWANYCH)  
WE - LEJ - LICZBA JEDNORODNYCH ELEMENTPW OBIEKTOW(TABLICA)  
WY - SSE - TABLICA STRAT SPRZETU WYROZNIONEGO OBIEKTU  
REAL SSP(7),SEC(7),SSE(7),R(3),ST(3)  
INTEGER LJG,LEJ(10),IRS(10),ILSP(3)  
REAL S(10),G(10),SM(10),GM(10),SP(10,7)  
COMMON/OBIEKT/ S,G,SM,GM,LEJ,SP

EQUIVALENCE (ILSP(1),ILS1),(ILSP(2),ILS2),(ILSP(3),ILS3)

```
C
M=LEJ(NO)
POM=1./M
ILS3=0
DO 30 I=1,LJG
  SSE(I)=0
  IF(SSP(I)) 30,30,0
  CALL PRSP(Q,IRW,IRS(I),R)
  CALL PRZC(1,R,ST)
  ILS2 = SP(NO,I)
  ILS1 = SSP(I)-ILS2
  IF(M = 1) 10,10,0
  ILS3 = ILS2*POM
  ILS2 = ILS2-ILS3
10  DO 20 J=1,3
    ROB=ST(J)*ILSP(J)
20  SSE(I)=SSE(I)+ROB
30  CONTINUE
    RETURN
    END
SUBROUTINE WSPZC(IY1)
C  PODPROGRAM OBLICZANIA WSPOLCZYNNIKOW WIELOMIANU APROKSZYMUJACEGO
  INTEGER IWSK
  REAL STO
  COMMON/WSPZ/ S(3),A(2),B(2),C(2),D(2),R(3),IWSK
  COMMON/BAZA/ NEC21P(0),ILREC(2)
  COMMON/WELP/ ALP,BLP
  DATA PI/3.14159/,STO/100./
C  WE -IY1 - TYP DZIALANIA
C  WE -NEC21P - NORMY ELEMENTOW C2,C1,PP W POSTACI SZER.I GLEBOKOSC
C  WE -ILREC - ILOSC ROWNOWAZNYCH ELEMENTOW CENTRALNYCH
C  ILREC(1)-BATAL. ILREC(2)-KOMPANIJNYCH
C  WY - S - TABLICA EFEKTYWNYCH POWIERZCHNI
C  S(1)-KOMPANIA S(2)-BAON(PULK) S(3)-PULK
C  WY - A,B,C,D - TABLICE WSPOLCZYNNIKOW WIELOMIANU
C  WY - R - TABLICA PROMIENI OBIEKTOW
C  WY - IWSK - WSKAZNIK PULKU 1-JEDNOSZCZEBLOWY 2-DWUSZCZEBLOWY
C
  IWSK = 0
  IF(ILREC(1),NE,0) IWSK = 1
  IF(IY1,EQ,4) GO TO 30
  I = 3
  IF(ILREC(2)) 5,5,0
  I=1
  IWSK=2
5  CONTINUE
  S(1) = NEC21P(I)*NEC21P(I+1)
  S(1) = S(1)/STO
  R(1)=REF(NEC21P(I),NEC21P(I+1))
  ALP=S(1)/R(1)
  POM=NEC21P(I)
  BLP=NEC21P(I+1)
  POM=POM/BLP
  ROB=POM*ALP
  POM=ALP*POM
  BLP=ALP-POM
  ALP=ROB/R(1)
  I=I+2
```

```
R(2)=REF(NEC21P(I),NEC21P(I+1))
S(2) = ILREC(IWSK)*S(1)
IF(IWSK.EQ.1) GO TO 10
I = I+2
R(3)=REF(NEC21P(I),NEC21P(I+1))
S(3)= ILREC(1)*S(2)
10 I = 1
20 I1 = I+1
RDEL = R(I1)-R(I)
SDEL = S(I1)-S(I)
AI=RDEL/RDEL
AI=AI*RDEL
AI=AI+AI
A(I)=-SDEL/AI
CI=R(I1)+RDEL
BI=3*A(I)
CI=BI*CI
C(I)=R(I)+CI
B(I)=-BI*R(I1)
DI=A(I)*R(I)
DI=DI+B(I)
DI=DI*R(I)
DI=DI+C(I)
DI=DI*R(I)
D(I)=S(I)-DI
IF(I.NE.1) GO TO 30
I = I,SK
IF(IWSK.NE.1) GO TO 20
30 RETURN
END
```

SUBROUTINE EPPZC(R1,STR)  
PODPROGRAM OBLICZASIA SIOPNIA PORAZENIA OBIEKTU POWIERZCHNIOWEGO

```
REAL STP(3)
INTEGER IWSK
COMMON/WSPZ/ S(3),A(4),B(2),C(2),D(4),R(3),IWSK
COMMON/WELP/ ALP,BLP
DATA PI/3.14159/
```

WE - A,B,C,D - TABLICE WSPOLCZYNNIKOW WIELOMIANU  
R - PROMIENIE LOBIKTOW(CEL,CENTR)  
S - EFEKTYWNE POWIERZCHNIE

R1 - PROMIEN RAZENIA  
IWSK - WSKAZNIK PULKU

WY - STR - TABLICA STOPNI PORAZENIA  
STR(1) - PULKU(BEZ EC) STR(2)-BAONU(KOMP) STR(3)-KOMPANII

```
STR(2),STR(3)=0
IF(R1.GT.R(1)) GO TO 10
POM=ALP*R1
POM=POM+BLP
STR(1)=POM*R1
GO TO 40
10 IF(R1.GT.R(2)) GO TO 30
STR(1) = S(1)
20 STRA = A(I)*R1
STRA = STRA+B(I)
STRA = STRA*R1
STRA = STRA+C(I)
STRA = STRA*R1
STR(I+1) = STRA+D(I)
```

```
GO TO 40
30 STR(1) = S(1)
   STR(2) = S(2)
   IF(IWSK.EQ.1) GO TO 40
   I = IWSK
   IF(R1.LE.R(3)) GO TO 20
   STR(3) = S(3)
40 STR(1) = STR(1)/S(1)
   IF(STR(2).EQ.0) GO TO 50
   STR(2) = STR(2) - S(1)
   STRA = S(2)-S(1)
   STR(2) = STR(2)/STRA
   IF(STR(3).EQ.0) GO TO 50
   STR(3) = STR(3)-S(2)
   STRA = S(3)-S(2)
   STR(3) = STR(3)/STRA
50 POM = STR(1)
   STR(1) = STR(3)
   STR(3) = POM
   IF(IWSK.EQ.2) GO TO 60
   STR(1) = STR(2)
   STR(2) = STR(3)
60 RETURN
END
SUBROUTINE PRZC(Y1,R,S)
  INTEGER Y1
  REAL R(3),S(3),P100(3),P50(3),P05(3)
C  PODPROGRAM OBLICZANIA PROCENTU STRAT OBIEKTOW NIEJEDNORODNYCH
  COMMON/WSPZ/ A(14),IWSK
  IF(IWSK.NE.0) GO TO 5
  S(2),S(3) = 0
  CALL PRST(Y1,R,S(1))
  GO TO 40
  5  IF(Y1.EQ.4) GO TO 10
     CALL EPPZC(R(1),P100)
     CALL EPPZC(R(2),P50)
     CALL EPPZC(R(3),P05)
     GO TO 20
  10 CALL ELPZC(R(1),P100)
     CALL ELPZC(R(2),P50)
     CALL ELPZC(R(3),P05)
  20 DO 30 I=1,3
     S(I)=P50(I)+P50(I)
     S(I)=S(I)+P05(I)
     S(I)=S(I)+P100(I)
     S(I)=S(I)*0.25
  30 CONTINUE
  40 RETURN
END
SUBROUTINE PROM(Q,RW,RU,R)
  INTEGER TPJ(42),TWA(120),RU,RW,I
  INTEGER IP(3),M1,MQ,B1,N1,ST1,IPR
  INTEGER M,N,KA,GM,DT,WYJ,WRZT,U
  REAL RP,TP,R(3),Q,A,W
  COMMON/TETA/ KA,GM,DT,WYJ,NRZT,U
C
  DATA TPJ /80,64,79,72,43,22,17,
  1      86,70,85,70,47,23,18,
  2      100,74,96,81,52,27,22,
```

3 79,71,78,74,42,16,12,  
4 85,75,84,70,46,17,13,  
5 100,80,95,81,51,20,16/

DATA TWA /6\*-14,3\*-15,3\*-10,3\*-14,3\*-15,12\*-10,  
1 3\*-15,-3,2,4,3\*-19,5\*-21,6\*-16,3\*-20,2\*-17,0,  
2 3\*-20,2\*-17,0,  
3 -3,4,2\*8,10,9,3\*-16,3\*-19,3\*-17,3\*-18,-13,  
4 -6,1,3\*0,-13,-6,1,3\*0,  
5 1,2,1,5,2,1,3\*-18,3\*-19,3\*-18,3\*-8,2\*-2,  
6 -1,3\*4,2\*-2,-1,3\*4/  
EQUIVALENCE (IP100,IP(1)),(IP50,IP(4)),(IP0,IP(5))

ST1 = 2303  
IF (DT.EQ.0) DT = 280679  
IF (M) 0,0,1  
N = DT/100  
M = N/100  
M = M\*100  
M = N-M  
1 GO TO (0,2,2,2,2,2,2,2,2,2,0,0) M  
N = 0  
2 W = 0.01  
IF (RU-5) 0,0,90  
IF (N) 3,0,3  
W = 0.009  
3 I = 6\*(RU-1)+RW\*3+1  
A = ALG(Q)  
M1 = A\*1000.  
MQ = 33.3333\*M1  
IF (Q-10) 0,20,20  
IF (Q.GE.1) I=I+30  
IP100 = TWA(I)\*M1  
IP50 = TWA(I+1)\*M1  
IP0 = TWA(I+2)\*M1  
GO TO 100  
20 I1 = I+60  
I4 = I  
I5 = I1  
IF (Q-100) 0,30,30  
DO 25 N1=1,3  
B1=TWA(I4)-TWA(I5)  
IP(N1)=B1\*ST1+TWA(I5)\*M1  
I4=I4+1  
25 I5 = I5+1  
GO TO 100  
30 I2 = I1+30  
I6 = I2  
DO 35 N1=1,3  
B1=TWA(I6)+TWA(I6)  
B1=TWA(I4)-B1  
B1=TWA(I5)+B1  
IP(N1)=B1\*ST1+TWA(I6)\*M1  
I4 = I4+1  
I5 = I5+1  
35 I6 = I6+1  
GO TO 100  
90 IP100,IP50,IP0 = 0  
IF(N) 100,0,100

IF (RW)100,100,0

W = 0.014

100 I = 21\*PW+RU

DO 110 N1=1,3

IPR=IP(N1)+MQ

RP=IPR\*0.00001

TP=EXP(RP)

TP=TP\*W

R(N1)=TP\*TPJ(I)

I=I+7

110 CONTINUE

RETURN

END

SUBROUTINE PRSP(Q,RW,RS,R)

INTEGER I,L,RW,RS

REAL P,S,Q,R(3)

REAL TPS(108)

- C 1 - ROT
- C 2 - SMIGLOWCE
- C 3 - DZIALA ART.NAZ.
- C 4 - DZIALA ART.PLOT.
- C 5 - MOZDZIERZE
- C 6 - GRANATNIKI,KARAB.
- C 7 - CKM,KMPLÓT
- C 8 - SPG
- C 9 - CZOLGI SR.I CIEZ.
- C 10 - CZOLGI LEKKIE I DZ.SAMOB.
- C 11 - TROP
- C 12 - SAM.CIEZ.I CYSTERNY
- C 13 - RDST NA SAMOCHODACH
- C 14 - CIAGNIKI GASIENICOWE
- C 15 - TRAKTORY GASIENICOWE
- C 16 - STACJE RAD.SON-4
- C 17 - STACJE RAD.P-12M,P-15
- C 18 - RDST PRZENOSNE
- C

DATA TPS/	.540,	.600,	.675,	.645,	.680,	.750,
1	1.340,	1.400,	1.460,	1.560,	1.600,	1.660,
2	.246,	.250,	.262,	.287,	.300,	.330,
3	.296,	.300,	.374,	.330,	.360,	.450,
4	.200,	.230,	.270,	.240,	.250,	.287,
5	.254,	.260,	.270,	.280,	.300,	.330,
6	.348,	.350,	.400,	.330,	.360,	.450,
7	.387,	.400,	.435,	.405,	.450,	.540,
8	.140,	.170,	.200,	.202,	.210,	.240,
9	.246,	.250,	.262,	.287,	.300,	.330,
-	.246,	.250,	.262,	.345,	.380,	.450,
1	.400,	.420,	.470,	.495,	.540,	.645,
2	.540,	.600,	.690,	.540,	.630,	.750,
3	.387,	.400,	.435,	.495,	.510,	.645,
4	.330,	.340,	.374,	.360,	.390,	.450,
5	.400,	.430,	.505,	.450,	.500,	.540,
6	.690,	.750,	.840,	.750,	.850,	.950,
7	.246,	.250,	.262,	.287,	.300,	.330/

IF(Q=QW) 0,10,0

QW=Q

P=ALOG(Q)

S=P\*0.3333333

P=EXP(S)

```
10  L=-6
    IF(RW) 0,20,0
    L=-3
20  I=RS*6
    I=I+L
    DO 30 L=1,3
30  R(L)=TPS(I+L)*P
    RETURN
    END
    REAL FUNCTION WSK(R)
C  OBLICZANIE WSPOLCZYNNIKA K
    REAL R(3)
    R1=R(1)
    R2=R(2)
    R3=R(3)
    AK=R2+R1
    A =R2-R1
    AK=AK+A
    AK=AK+AK
    A =R3+R1
    AR=R3-R1
    A =AR+A
    A =A+AK
    WSK=4./A
    RETURN
    END
    SUBROUTINE WSP(A,B,PW,XC,YC,AK)
C  OBLICZANIE SIX,SIY,AKX
    INTEGER LEJ(10)
    REAL S(10),G(10),SM(10),GM(10)
    COMMON/OBIEKT/ S,G,SM,GM,LEJ
    COMMON/WYBUCH/ NO(10),K,PO
    COMMON/BLOK/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY,AKY,YCK,YCK2,ZU,ZV
    COMMON/ALA/L
    DATA PD/0.70710678118/
C
    IF(L-LA)0,10,0
    LA=L
    PX=SQRT(PW)
    CALL PSI(PX,WD)
    M=NO(K)
    WD=WD+WD
C DLA NIECELNFGO WYBUCHU OKRESLENIE SIGMY-WEDLUG PIERWSZEGO OBIEKTU
    IF(M) 0,0,3
    M=1
    GOTO 4
3  IF(LEJ(M)-1) 0,0,5
4  SRX=G(M)
    POM=S(M)
    GO TO 7
5  SRX=GM(M)
    POM=SM(M)
7  CONTINUE
    SRX=SRX/WD
    SRX=SRX*SRX
    PX=SQRT(PO)
    CALL PSI(PX,W)
    SIX=A/W
    SIX=SIX*SIX
```

```
SX=SIX+SRX
PSX=SQRT(SX)
SIY=B/W
SIY=SIY*SIY
SRX=POM/WD
SRX=SRX*SRX
SY=SIY+SRX
PSY=SQRT(SY)
SIX=PD/PSX
SIY=PD/PSY
10 AKX=AK+SX
AKX=AKX+AKX
AKX=1+AKX
AKX=SQRT(AKX)
AKY=AK*SY
AKY=AKY+AKY
AKY=1+AKY
AKY=SQRT(AKY)
ZY=AKX*SIX
ZV=AKY*SIY
AKX=1/AKX
AKY=1/AKY
XCK=XC*AKX
ZX=XCK*SIX
XCK2=XCK*XCK
YCK=YC*AKY
ZU=YCK*SIY
YCK2=YCK*YCK
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE GVI(XC, AI, AK, GX)
COMMON/BLOK/SIX, SIY, AKX, XCK, XCK2, ZX, ZY, AKY, YCK, YCK2, ZU, ZV
```

C

```
GX=AI-XCK2
GX=AK*GX
GX=AKX*EXP(GX)
AI=SQRT(AI)
ZK=AI*ZY
Z1=ZX-ZK
Z2=ZX+ZK
ZK=2+FIL(Z1)-FIL(Z2)
GX=GX*ZK
Z1=XC+AI
Z1=Z1*SIX
Z2=XC-AI
Z2=Z2*SIX
ZK=FIL(Z1)-FIL(Z2)
GX=ZK+GX
RETURN
END
SUBROUTINE GYI(YC, CI, H, GY, I)
COMMON/BLOK/SIX, SIY, AKX, XCK, XCK2, ZX, ZY
IF(I-1)0,0,10
Y=YC
C=CI-H
X=Y+C
Z=Y-C
X=X+SIY
Z=Z+SIY
```

```

      FI=FIL(X)
      FIM=FIL(Z)
      GOTO20
10    FI=X
      FIM=Z
20    X=Y+CI
      Z=Y-CI
      X=X*SIY
      Z=Z*SIY
      X=FIL(X)
      Z=FIL(Z)
      GY=X-FI-Z+FIM
      RETURN
      END
      SUBROUTINE STRATY(A,B,R,PW,XC,YC,GS)
C    WE-A-GLEBOKOSC OBIEKTU/Z
C    WE-B-SZEROKOSC OBIEKTU/Z
C    WE-R-PROMIENIE RAZENIA(TABLICA)
C    WE-PW-WSPOLCZYNNIK ROZPOZNANIA
C    WE-(XC,YC)-PUNKT CELOWANIA
C    WY-GS-STRATY OBIEKTU
      REAL R(3)
      COMMON/BL0K/SIX,SIY,AKX,XCK,XCK2,ZX,ZY,AKY,YCK,YCK2,ZU,ZV
      DATA M/10/
C
      AK=WSK(R)
      CALL WSP(A,B,PW,XC,YC,AK)
      AR=R(1)
      GS=0
      CI=0
      H=AR/M
      HA=H/2
      DO 10 I=1,H
          CI=CI+H
          CIK=CI-FA
          AI=AR+CIK
          AX=AR-CIK
          AI=AI*AX
          CALL GXI(XC,AI,AK,GX)
          CALL GYI(YC,CI,H,GY,I)
          GS=GS+GX*GY
10    CONTINUE
      GU=AR*AP
      GU=GU-XCK2-YCK2
      GU=EXP(AK*GU)
      AI=AKX*AKY
      GU=GU*AI
      AI=ZV*AP
      AX=ZU-AI
      AI=ZU+AI
      GU=GU*(2. +FIL(AX)-FIL(AI))
      GS=GS/2
      GS=GS+GU
      GS=GS/2
      RETURN
      END
      SUBROUTINE PSI(Z,X)
3    OBLICZANIE FUNKCJI ODWROTNEJ DO LAPLECE'A
C    Z - WARTOSCI FUNKCJI FI
```

C X - WARTOSC FUNKCJI PSI  
C

COMMON/BLOC/ IFI(31),LST

I2 = 2\*LST  
DO 10 I=2,31

10 IF(I2-IFI(I)) 30,20,0  
CONTINUE

X = 200

RETURN

20 X = I-1

30 I2 = I-1

LD = I2-IFI(I2)

DZ = IFI(I)-IFI(I2)

DZ=LD/DZ

I2 = I2-1

X = DZ + I2

40 X = X/10

RETURN

END

BLOCK DATA

COMMON/BLOC/ IFI(31),LST

DATA IFI/0, 112463, 222703, 328627, 428392, 520500, 603856, 677801,  
1 742101, 790908, 842701, 880205, 910314, 934008, 952285,  
2 966105, 976348, 983790, 989091, 992790, 995322, 997021,  
3 998137, 998857, 999311, 999593, 999764, 999866, 999925,  
4 999959, 999978/, LST/100000/

END

REAL FUNCTION FIL(X)

COMMON/BLOC/ IFI(31),LST

X1 = ABS(X)

IF(X1\_3) 0,0,20

DX = X1\*10

I = DX

DX = DX-I

I = I+1

Y = IFI(I+1)-IFI(I)

Y = Y\*DX+IFI(I)

FIL = Y/LST

IF(X) 0,10,10

FIL = -FIL

10 RETURN

20 FIL = 1

IF(X) 0,10,10

FIL = -1

GO TO 10

END

SUBROUTINE GPORD(BB,AA,R,PW,XC,YC,S)

C

C WE - BB -GLFBOKOSC OBIEKTU/2

C WE - AA -SZEROKOSC OBIEKTU/2

C WE - R-TABLICA PROMIENI KAZENIA

C WE - PW-WSPOLCZYNNIK ROZPOZNANIA

C WE - (XC,YC)-PUNKT CELOWANIA

C WY - S-STRATY OBIEKTU POWIERZCHN

C

REAL R(3),G(3)

REAL SZ(10),GL(10),SM(10),GM(10)

COMMON/OBIKT/ SZ,GL,SM,GM,LEJ(10)

COMMON/WYBUCH/NO(10),K

```
COMMON/BLOK/ SIX,SIY,SIG
M=NO(K)
IF(M) 0,0,3
M=1
GO TO 4
3 IF(LEJ(M)-1) 0,0,5
4 A=SZ(M)
  B=GL(M)
  GO TO 7
5 A=SM(M)
  B=GM(M)
7 PX=SQRT(PW)
  CALL PSI(PX,SIG)
  SIG=SIG+SIG
  SIX=SIG/B
  SIY=SIG/A
  S = 0
  DO 10 I=1,3
    CALL GPOW(BB,AA,R(I),PW,XC,YC,G(I))
    S = S+G(I)
10 CONTINUE
  S = S+G(2)
  RETURN
END
SUBROUTINE GPOW(D,B,K,PW,XC,YC,GP)
REAL G(10)
C  OBLICZANIE STRAT OBIEKTU POWIERZCHNIOWEGO
C  D,B_DŁUGOSC,SZEROKOSC;R_PROMIEN;PW_PRAWDOPOD.;(XC,YC)_PUNKT CELOW.
COMMON/BLOK/ SIX,SIY,SIR
DATA N/20/,N1/10/,N2/11/
SIG=SIR
U=D-XC
U = U*SIX
V=B*SIY
A = R+R
H = A/N
YI= YC+R
H2 = H/2
YI=YI+H2
GP = 0
DH = -H2
A2 = A+H2
DO 10 I=1,N
  YI1 = YI-A2
  A2 = A2-H
  I1=I-N1
  IF(I1) 5,5,0
  I1=N2-I1
  GX=G(I1)
  GO TO 7
5 CONTINUE
  DH = DH+H
  A1 = A2+DH
  A1 = SQRT(A1)
  V2 = A1+SIX
  U2 = U-V2
  V2 = U+V2
  U1 = U2-SIG
  V1 = V2-SIG
```

```
      CALL GLIN(U1,U2,V1,V2,GX)
      G(I)=GX
7     CONTINUE
      V2 = Y11*SIY
      V2 = V-V2
      V1 = V2-SIG
      U2 = VI-A2
      U2 = U2+SIY
      U2 = V-U2
      U1 = U2-SIG
      CALL GLIN(U1,U2,V1,V2,GY)
      GX = GX+GY
      GP = GP+GX
10    CONTINUE
      SIG = SIG*SIG
      SIG = SIG*16
      GP = GP/SIG
      RETURN
      END
      SUBROUTINE GLIN(U1,U2,V1,V2,G)
      DATA PIP,0.56418958,
C     OBLICZANIE FUNKCJI G DLA OBIEKTU LINIOWEGO
      POM = U1*FIL(U1)+V2*FIL(V2)-U2*FIL(U2)-V1*FIL(V1)
      X1 = U1+U1
      X2 = U2+U2
      Y1 = V1+V1
      Y2 = V2+V2
      G = EXP(-X1)+EXP(-Y2)-EXP(-X2)-EXP(-Y1)
      G = G*PIP
      G = G+POM
      RETURN
      END
      SUBROUTINE STRO(R,S,G,X,Y,P)
      INTEGER E,I,N
      REAL R,S,G,X,Y,P1,P,Y1,R1,A,B,C,D,F,K,XA,XB,X1,X2
      REAL Y2
      DATA N/20/
      Y2=Y
      R1=R+R
      A = X-G/2
      B = Y-S/2
      F = B+S
      Y1= S/N
      Y2=B-Y1
      POM=Y1*0.5
      Y2=Y2+POM
      P = 0
      XA= A
      XB= A+G
110  Y2=Y2+Y1
      P1= 0
      K = ABS(Y2)
      IF(K,GE,R)GO TO 130
      C=R1-Y2+Y2
      X2 = SQRT(C)
      X1=-X2
      E = 0
      IF(X1,GT,XA)E=E+8
      IF(X1,GT,XB)E=E+4
```

```
IF(X2,GT.XA)E=E+2
IF(X2,GT.XB)E=E+1
IF(E,EQ.2) P1=X2-XA
IF(E,EQ.3) P1=XB-XA
IF(E,EQ.10) P1=X2-X1
IF(E,EQ.11) P1=XB-X1
P1=Y1*P1
P=P+P1
130 IF(Y2+Y1.LT.F)GOTO 110
K = S*G
P = P/K
RETURN
END
SUBROUTINE STRA(A,B,K,XC,YC,ST)
REAL R(3),SR(3)
ST=0
X=-XC
Y=-YC
G=A+A
S=B+B
DO 10 I=1,3
CALL STR0(R(I),S,G,X,Y,SR(I))
ST=ST+SR(I)
10 CONTINUE
ST=ST+SR(2)
ST=ST*0.25
RETURN
END
FINISH
```

Zasobach i obrotach ludzimi i przyrzadami w polsce i w krajach zagranicznych  
 w ramach ugrupowania bojowego /wydzial & programy 1944/

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

8	5							
1BP+KCZ	0.65	6.25	0	2.5	1.25	3	1	0.5
474 13 33	17	6	2	11	20			
2BP+KCZ	0.65	2.25	0	2.5	1.25	3	1	0.5
474 13 33	17	6	2	11	20			
KCZ-K	4.7	6	0	0.1	0.7			
87 14 0	7	0	0	60				
3BP-K	7	6	90	2.8	0.1	3	0.7	0.1
422 0 33	17	6	2	0	80			
SD-KOL	4.75	3.5	0	0.1	1.5			
200 0 10	33	0	0	0	20			
TYLY	7	75	4.5	0	1	1.5		
179 0 0	81	0	0	0	0			
PGA-6B	3	4	5	0	3	1	2	1
480 0 6	48	30	0	0	5			
OPPANC	4	75	2	0	0.1	0.5		
56 0 10	10	0	0					
100 0 0	0	0	0					
9 11 12	3	4						
6								
0.25	7	1	0	0.5				
0.25	5	1	0	0.5				
0.6	2	2.5	1	2				
7.6	1	2						
3	3.5	1	2					
3	5.5	1	2					
1	1							
3								

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

1BP+KCZ	2	1.0	316	0	22	11	4	1
2BP+KCZ	1	2.0	458	0	11	6	0	1
3BP-K	1	2.0	201	0	11	48	30	6
PGA-6B	2	4.0	480	0	6	71	36	9
			1455	9	50	71	36	9
			2372	40	125	230	48	12

1 0.9

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

1BP+KCZ	2	1.0	333	2	11	8	1	1
2BP+KCZ	1	2.0	380	1	7	8	1	0
3BP-K	1	2.0	255	0	11	7	2	1
SD-KOL	0	0.0	23	0	0	1	0	0
TYLY	0	0.0	11	0	0	0	0	0
PGA-6B	2	4.0	477	0	4	40	13	3
			1479	3	33	64	17	5
			2372	40	125	230	48	12

1 0.8

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

1BP+KCZ	2	1.0	329	1	8	7	1	0
2BP+KCZ	1	2.0	362	1	7	8	1	0
KCZ-K	0	0.0	1	0	0	0	0	0
3BP-K	1	2.0	259	0	11	7	2	1
SD-KOL	0	0.0	32	0	0	2	0	0
TYLY	0	0.0	15	0	0	1	0	0
PGA-6B	2	4.0	465	0	3	35	10	3
			1463	2	29	60	14	4
			2372	40	125	230	48	12

1 0.7

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

1BP+KCZ	2	1.0	320	1	7	6	1	0
2BP+KCZ	1	2.0	345	1	7	7	1	0
KCZ-K	0	0.0	1	0	0	0	0	0
3BP-K	1	2.0	262	0	10	7	2	1
SD-KOL	0	0.0	38	0	0	3	0	0
TYLY	0	0.0	18	0	0	1	0	0
PGA-6B	2	4.0	445	0	2	29	7	2
			1429	2	26	33	11	3
			2372	40	125	230	48	12

1 0.6

PZSKOT-N IL: MOC: LUDZ: CZ: TR: SAM: MOZ: DZ:

1BP+KCZ	2	1.0	308	1	6	5	1	0
2BP+KCZ	1	2.0	328	1	7	7	1	0
KCZ-K	0	0.0	2	0	0	0	0	0
3BP-K	1	2.0	262	0	10	7	1	1
SD-KOL	0	0.0	45	0	1	4	0	0
TYLY	0	0.0	20	0	0	2	0	0
PGA-6B	2	4.0	418	0	2	25	6	3
			1383	2	26	50	9	3
			2372	40	125	230	48	12

KONIEC OBLICZEN PROGRAMU POLK

