

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

~~Do użytku  
służbowego~~  
**TAJNE**  
Egz. nr... 5



Ppłk mgr inż. Stanisław RODYCZ

**KONCEPCJA DOSKONALENIA  
SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI  
DYWIZJI ZMECHANIZOWANEJ  
W ASPEKCIE WPROWADZENIA  
ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU  
DOWODZENIA WOJSKAMI**

Aneks do rozprawy doktorskiej

**12285**

WARSZAWA 1985





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

~~Do użytku  
służbowego~~

~~TAJNE~~

Egz. nr.....5..



Ppłk mgr inż. Stanisław RODYCZ

**KONCEPCJA DOSKONALENIA  
SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI  
DYWIZJI ZMECHANIZOWANEJ  
W ASPEKCIE WPROWADZENIA  
ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU  
DOWODZENIA WOJSKAMI**

Aneks do rozprawy doktorskiej



12285

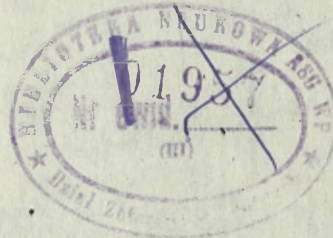
~~TAJNE~~

Egz.nr... 5

*Przekł. Prot. 949/21.08.95*

~~Do użytku  
służbowego~~

Ppłk mgr inż. Stanisław RODYCZ



KONCEPCJA DOSKONALENIA SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJI  
ZMECHANIZOWANEJ W ASPEKcie WPROWADZENIA ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU  
DOWODZENIA WOJSKAMI

Aneks do rozprawy doktorskiej



W rozprawie doktorskiej: KONCEPCJA DOSKONALENIA SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI DYWIZJII ZMECHANIZOWANEJ W ASPEKTCIE WPROWADZENIA ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU DOWODZENIA WOJSKAMI, w celu zbadania poszczególnych parametrów systemu łączności, autor przyjął za podstawę wzory i definicje powszechnie dotychczas stosowane /rozprawy doktorskie płk dypl. Wł. BRYLIŃSKIEGO i płk mgr inż. St. JĘDRUSZCZAKA/ w pracach poświęconych systemom łączności.

Opierając się na wyżej wymienionych pracach autor przyjął w rozważaniach nad niezawodnością systemu łączności, rozumianą jako niezawodność organizacyjna i techniczna, co następuje:

Niezawodność organizacyjną należy rozumieć jako zdolność systemu do posiadania sprzętu w gotowości do działania wtedy, kiedy zachodzi taka potrzeba. W jej skład wchodzi min. elastyczność, gotowość bojowa sił i środków łączności, integracja radiowo-przewodowa, manewrowość, mobilność, standaryzacja itp...

Niezawodność techniczną należy rozumieć jako zdolność do zapewnienia sprawnego działania łączności, tj. zdolność zapewnienia przekazywania informacji w odpowiednim czasie i w różnych warunkach sytuacji bojowej.

Na niezawodność techniczną składa się szereg wymagań, m.in: kompatybilność elektromagnetyczna, ochrona przed zakłóceniami, przepustowość, szybkość przekazywania, łatwość obsługi technicznej itp. Decyduje o niej niezawodność poszczególnych kanałów łączności. Niezawodność kanałów łączności określona jest współczynnikiem gotowości i średnim czasem odtwarzania i nie powinna być gorsza niż 0,9 - 0,95 przy czasie odtwarzania nie dłuższym niż 15 - 30 minut.

Ilościowo niezawodność poszczególnych kanałów łączności można określić za pomocą podstawowego współczynnika niezawodności, tj. współczynnika sprawnego działania. Prawdopodobieństwo sprawnego działania łączności /P/ czyli tego, że informacja będzie przekazywana w ustalonym terminie, powinno wynosić  $P = 0,95$  [6].

Współczynnik sprawnego działania łączności / $K_s$ / jest to stosunek czasu sprawnego działania łączności do ogólnego czasu jej działania:

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^n T_{si}}{T} \quad /1.7/$$

Dla sprzętu radiowego przy odległościach innych niż normalne

$$K_s = \sqrt[P]{K_{sn}} \quad /1.8/$$

gdzie:  $p = \frac{D_n}{D_r}$  ;  $D_n$  - odległość nominalna  
 $D_r$  - odległość rzeczywista

$K_s$  - współczynnik niezawodności danego kanału przy rzeczywistej odległości;

$K_{sn}$  - współczynnik niezawodności kanału przy odległości nominalnej.

... W celu zwiększenia niezawodności systemu łączności, organizuje się na ważniejszych relacjach łączności dowodzenia kilka różnych, równolegle połączonych kanałów łączności. Współczynnik sprawności wynosi wówczas:

$$K_{srel} = 1 - \frac{\prod_{i=1}^n}{1 - K_{si}} \quad /1.9/$$

gdzie:  $K_{srel}$  - współczynnik sprawności relacji;

$K_{si}$  - współczynnik sprawnego działania poszczególnych kanałów;

$n$  - liczba kanałów w relacji.

Zgodnie z UWTT na PASUW [22] współczynnik sprawnego działania łączności powinien wynosić 0,98 - 0,99.

Poza współczynnikiem sprawnego działania, w skład niezawodności systemu łączności wchodzi również współczynnik przestoju  $/K_p/$  i przepustowość systemu  $/C_s/$ .

Współczynnik przestoju jest to stosunek sumy czasu przerw w łączności do ogólnego czasu działania łączności [6]

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}}{T} \quad /1.10/$$

$$K_s + K_p = 1 \quad /1.11/$$

Zgodnie z wymaganiami na PASUW maksymalna przerwa w łączności w ogniwie dywizyjnym może wynosić 3 - 5 minut w ciągu 3 - 4 godzin nieprzerwanej pracy systemu.

Przepustowość kanału łączności / systemu łączności/ jest to ilość informacji, jaka może zostać przekazana przez system w jednostce czasu. Przepustowość systemu łączności przede wszystkim zależy od ilości kanałów łączności, wchodzących w skład systemu i od przepustowości każdego kanału łączności  $/C_k/$

$$C_s = \sum_{i=1}^n C_{ki} \quad /1.12/$$

gdzie:  $n$  - ilość kanałów.

Przepustowość może być określona ilością informacji /bitów, znaków, grup, słów/ przekazywanych w jednostce czasu i wyraża się wzorem:

$$C_K = \frac{Y_K}{t_p} \quad /1.13/$$

gdzie:  $Y_K$  - maksymalna ilość przekazywanej informacji,  
 $t_p$  - czas przekazywania informacji. [23]

W warunkach rzeczywistych wystąpią nieuniknione straty czasu na przygotowanie urządzeń i wykonanie szeregu czynności eksploatacyjnych /m.in. zgłoszenie, połączenie, wywołanie itp./.

Przepustowość eksploatacyjna kanału będzie więc wyrażać się wzorem: [6]

$$C_{ek} = \frac{Y_k}{t} \cdot \beta \cdot K_s \quad /1.14/$$

gdzie:  $\beta$  - współczynnik strat eksploatacyjnych, natomiast przepustowość eksploatacyjna relacji będzie równa:

$$C_{erel} = \sum_{i=1}^n C_{eki} \quad /1.15/$$

gdzie:  $n$  - ilość kanałów w danej relacji /systemie/.

Na podstawie przytoczonych powyżej wzorów wyliczono wartości współczynnika sprawnego działania w poszczególnych relacjach dowodzenia przedstawione w tabelicy 4 na stronie 48 i tabelicy 9 na stronie 108 rozprawy, oraz możliwości wymiany informacji w podstawowych relacjach dowodzenia, przedstawione w tabelicy 5 na stronie 50 i tabelicy 10 na stronie 109.

Pod wpływem sugestii recenzenta Obywatela płk dr hab. Józefa PAWELCA, autor ponownie przeanalizował przytoczone powyżej fragmenty rozprawy doktorskiej, korzystając z pomocy specjalistów Wojskowego Instytutu Łączności oraz udostępnionej przez nich bibliografii. W wyniku powyższej analizy autor doszedł do wniosku, że przedstawione w rozprawie definicje nie w pełni zgadzają się z wprowadzonymi po roku 1980 w tym zakresie normami [81, 82].

Nowowprowadzone normy pozwalają pełniej i wszechstronniej ocenić niezawodność systemu łączności, z uwzględnieniem faktu, że niezawodność jest funkcją zdarzeń losowych. Autor uznał więc za stosowne opracowanie aneksu do rozprawy, w celu do dostosowania się do najnowszych poglądów w tej dziedzinie.

Nawiązując do przeprowadzonej analizy proponuje się niezawodność organizacyjną rozumieć jako zdolność systemu do realizacji funkcji przeznaczenia /zadań bojowych/ w określonym czasie i określonych warunkach działania. Stopień tej realizacji jest miarą niezawodności organizacyjnej /w przedziale 0 - 1/. W skład niezawodności organizacyjnej wchodzi m.in: elastyczność, stan sił i środków łączności, integracja radiowo-przewodowa, manewrowość, mobilność, standaryzacja itp.

Pozostały tekst rozprawy dotyczący tej niezawodności proponuje się pozostawić bez zmian.

Fragment tekstu rozprawy dotyczący niezawodności technicznej /str. 24 wiersz 14 do strony 27 wzór 1.15 włącznie/ proponuje się zastąpić następującym tekstem:

Niezawodność techniczną należy rozumieć jako właściwość obiektu charakteryzującą jego zdolność do wykonywania zadanych funkcji, przy zachowaniu w czasie ustalonych wskaźników w zadanych przedziałach, odpowiadających zadany stanom i warunkom wykorzystania, obsługi technicznej, remontów, przechowywania i transportowania [82].

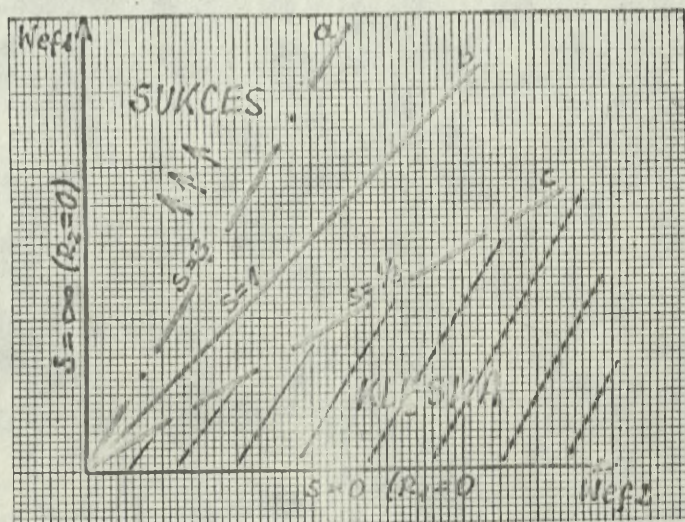
Niezawodność techniczna jest właściwością kompleksową i składa się na nią szereg wymagań, m.in: kompatybilność elektromagnetyczna, ochrona przed zakłóceniami, szybkość przekazywania informacji, łatwość obsługi technicznej itp. Decyduje o niej niezawodność poszczególnych kanałów łączności.

Wymagania wchodzące w skład niezawodności technicznej powinny być określone z uwzględnieniem efektywności działania wojsk własnych, która powinna być punktem wyjścia do naszych rozważań.

Wychodząc ze wzoru 1.5 na stronie 17 możemy zapisać:

$$W_{ef1} = W_{ef2} \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot S$$

Zależność powyższą możemy zobrazować za pomocą wykresu



- a - prosta trzykrotnej przewagi /powyżej tej prostej zgodnie z [14] można osiągnąć pełny sukces/;
- b - prosta równowagi sił;
- c - prosta trzykrotnej przewagi przeciwnika /poniżej tej prostej powinniśmy ponieść klęskę/;

Efektywność dowodzenia zależna będzie od wielu czynników m.in. od parametrów systemu łączności. Jeżeli więc niezawodność oznaczymy symbolem  $x_1$ , terminowość  $x_2$ , skrytość i bezpieczeństwo łączności  $x_3$ , pozostałe parametry systemu dowodzenia  $x_n$  to możemy zapisać:

$$W_{ef1}/S = const/ = A \cdot \prod_{i=1}^n x_i = x_1 \cdot A \cdot \prod_{i=2}^n x_i = x_1 \cdot a$$

gdzie: a - współczynnik określający stan, w którym nie można zmienić efektywności innymi drogami niż przez zmianę niezawodności  $x_1$ .

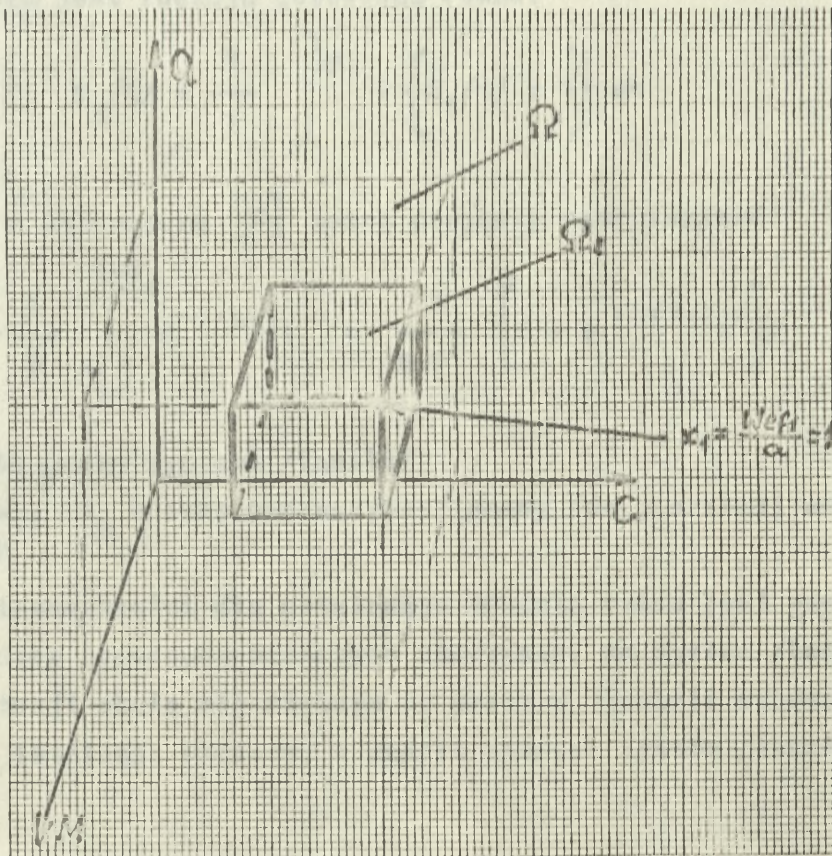
Rozważamy w dalszym ciągu ten przypadek:

$$x_1 = \frac{W_{ef1}/S = const/}{a} = N_o \cdot N_T$$

gdzie:  $N_o$  - niezawodność organizacyjna;

$N_T$  - niezawodność techniczna.

Niezawodność techniczna musi być zawarta w obszarze dopuszczalnym jak na rysunku:



gdzie: Q - kompatybilność elektromagnetyczna;  
 M - ochrona przed zakłóceniami;  
 C - szybkość przekazywania informacji.

Przyjmujemy jako kryterium uszkodzenia, że jest to zdarzenie polegające na wyjściu dowolnego z trzech parametrów poza założony obszar.

Można zauważyć, że w przestrzeni stanów niezawodnościowych systemu przy takim kryterium uszkodzenia, istnieją dwa stany niezawodności: stan zdatności i stan uszkodzenia.

$$S_t = \begin{cases} 1 & \text{dla } \bigwedge_{x_i \in \Omega} x_i \in \Omega_1 \\ 0 & \text{dla } \bigvee_{x_i \in \Omega} x_i \notin \Omega_1 \end{cases}$$

gdzie:  $S_t$  - stan niezawodności.

Uogólnioną charakterystyką niezawodności jest rozkład prawdopodobieństwa zdarzenia polegającego na przyjęciu przez  $S_t$  wartości 1 /lub 0/

$$N_T = P\{S_t/t/ = 1\} \quad \text{lub} \quad N_T = P\{S_t/t/ = 0\}$$

Szczegółową charakterystyką niezawodności dla zadawanego czasu /T/ działań bojowych jest funkcja gotowości równa:

$$K_g/t/ = \frac{1}{T} \int_0^T P\{S_t/t/ = 1\} dt$$

Zgodnie z literaturą [84] można powyższy wzór zapisać:

$$K_g/t/ = \frac{1}{T} \int_0^{T-T_0} e^{-D \cdot t} dt = \frac{1}{D \cdot T} \left[ 1 - e^{-D(T-T_0)} \right]$$

gdzie: T - czas pracy systemu /kanału/

$D = \frac{1}{T_p}$ ;  $T_p$  - czas bezawaryjnej pracy /do pierwszej awarii/.

Miarą niezawodności dla ustalonego odcinka czasu jest współczynnik gotowości będący prawdopodobieństwem zdarzenia, że system /kanał/ w procesie eksploatacji okaże się zdatnym do pracy w dowolnie wybranym momencie czasu, pomimo istnienia okresów, w czasie których system /kanał/ jest

odnawiany /lub odtwarzany/.

Liczbowo współczynnik gotowości równy jest stosunkowi czasu bezawaryjnej pracy systemu /kanału/ do sumy czasu bezawaryjnej pracy i czasu odtwarzania.

Czas bezawaryjnej pracy  $T_p$ :

$$T_p = \sum_{i=1}^n T_{pi} ;$$

Czas odtwarzania:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{oi} ;$$

gdzie:  $T_{pi}$  ,  $i=1, n$  - przedziały czasu bezawaryjnej pracy między awariami;

$T_{oi}$  ,  $i=1, n$  - przedziały czasu odtwarzania po awarii,

Jeżeli wartości oczekiwań matematycznych określanych podczas eksploatacji lub badań specjalnych oznaczymy jako  $T_p$  i  $T_o$  pozwolą nam one wyznaczyć:

$$K_g = \frac{T_p}{T_o + T_p} \quad /1.7/$$

Współczynnik gotowości jest ważnym wskaźnikiem niezawodności systemów, ponieważ charakteryzuje ich gotowość do pracy. Będąc zależnym od szybkości usunięcia uszkodzenia /odtworzenia/, pozwala ocenić jakość eksploatacyjną systemu, w szczególności: wygodę eksploatacji, jej wartość, kwalifikacje personelu obsługującego [79].

Jak powiedziano wcześniej, w celu zwiększenia niezawodności systemu łączności, organizuje się w ważniejszych rekcjach łączności dowodzenia, kilka różnych, równoległe połączonych kanałów łączności. Współczynnik gotowości wynosi wówczas:

$$K_{grel} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K_{gi}) \quad /1.8/$$

gdzie:  $K_{grel}$  - współczynnik gotowości relacji;

$K_{gi}$  - współczynnik gotowości poszczególnych kanałów;

$n$  - ilość kanałów.

Współczynnik gotowości poszczególnych relacji łączności powinien być nie gorszy niż 0,9 - 0,95 przy czasie odtwarzania nie dłuższym niż 15 - 30 minut [6].

Dla zautomatyzowanego systemu dowodzenia zgodnie z UWTT na PASUW [22], współczynnik gotowości powinien wynosić 0,98 - 0,99.

Znając wartość współczynnika gotowości nie można jednak sądzić o czasie bezawaryjnej pracy systemu.

Analogicznymi zaletami i wadami obciążony jest także współczynnik wymuszonego przestoju  $K_p$ .

Współczynnik wymuszonego przestoju jest prawdopodobieństwem tego, że system będzie znajdował się w dowolnym momencie w stanie awarii /odtwarzania/ tzn. będzie przestój z powodu odtwarzania systemu /kanału/.

$$K_p = \frac{T_o}{T_o + T_p} \quad /1.9/$$

Pomiędzy  $K_p$  i  $K_g$  istnieje następująca zależność:

$$K_p + K_g = 1 \quad /1.10/$$

Zgodnie z wymaganiami na PASUW maksymalna przerwa w łączności w ogniwie dywizyjnym może wynosić 3 - 5 minut w ciągu 3 - 4 godzin nieprzerwynej pracy systemu. Współczynnikiem charakteryzującym niezawodność, związanym ze współczynnikami gotowości i wymuszonego przestoju jest współczynnik obsługi /profilaktyki/:

$$K_{obs} = \frac{T_o}{T_p} = \frac{K_p}{K_g} = \frac{1 - K_g}{K_g} = \frac{K_p}{1 - K_p} \quad /1.17/$$

Poza współczynnikami gotowości i wymuszonego przestoju, niezawodność charakteryzowana jest również szybkością przekazywania informacji w relacji /kanale łączności/.

Szybkość przekazywania informacji<sup>x</sup> w relacji /kanale/ łączności jest

---

<sup>x</sup> Użyte w rozprawie określenie "przepustowość" nie odpowiada podanej definicji. Zgodnie z wzorem Shannona przepustowość kanału wynosi:

$$\Delta = F \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P_s}{P_z} \right)$$

gdzie:  $F$  - szerokość pasma;  $P_s$  - moc sygnału;  $P_z$  - moc zakłócenia  
Powyższy wzór ma ograniczoną możliwość praktycznego zastosowania do obli-

to ilość informacji, jaka może zostać przekazana w relacji /kanale/ łączności w jednostce czasu.

Szybkość przekazywania informacji w relacji zależy przede wszystkim od ilości kanałów łączności wchodzących w skład relacji i od szybkości przekazywania informacji każdego kanału łączności  $/C_K/$

$$C_{rel} = \sum_{i=1}^n C_{Ki} \quad /1.12/$$

gdzie:  $n$  - ilość kanałów.

Szybkość przekazywania informacji może być określona ilością informacji /bitów, znaków, grup, słów/ przekazywanych w jednostce czasu i wyraża się wzorem:

$$C_K = \frac{y_k}{t_p} \quad /1.13/$$

gdzie:  $y_k$  - maksymalna ilość przekazywanych informacji;  
 $t_p$  - czas przekazywania informacji. [23]

W warunkach rzeczywistych wystąpią nieuniknione straty czasu na przygotowanie urządzeń i wykonywanie szeregu czynności eksploatacyjnych /m.in. zgłoszenie, połączenie, wywołanie itp/.

Szybkość przekazywania informacji w kanale będzie więc wyrażać się wzorem [6] :

$$C_{ek} = \frac{y_k}{t} \cdot \beta \cdot K_g \quad /1.14/$$

gdzie:  $\beta$  - współczynnik strat eksploatacyjnych;  
natomiast eksploatacyjna szybkość przekazywania informacji w relacji będzie równa:

$$C_{orel} = \sum_{i=1}^n C_{eki} \quad /1.15/$$

gdzie:  $n$  - ilość kanałów w danej relacji.

Na podstawie przytoczonych powyżej wzorów /1.7., 1.8/ oraz programu na system minikomputerowy "ZX-SPECTRUM" uzyskano wyniki przedstawione w tablicach 4 i 9. Wartości z tablic 5 i 10 pozostaną niezmiennione.

---

czeń możliwości wymiany informacji w kanałach łączności z żądaną terminowością.

TABLICA 4

Lp.	Nazwa relacji	Współczynnik $K_{grel}$	
		bez użycia bmr	z użyciem bmr
1.	D-two i sztab DZ - D-two i sztab armii	0,998	0,977
2.	PK WR1A DZ - DWR1A armii	0,988	0,936
3.	PK WOPL DZ - DWOPL armii	0,988	0,936
4.	SD DZ - WSD DZ	0,992	0,942
5.	SD DZ - SD pz/pcz	0,999	0,990
6.	SD DZ - SD pa	0,992	0,942
7.	SD DZ - TSD DZ	0,992	0,942
8.	SD DZ - SD drt	0,998	0,977
9.	SD DZ - SD prplot	0,998	0,977

TABLICA 9

Lp.	Nazwa relacji	Współczynnik $K_{grel}$	
		bez użycia bmr	z użyciem bmr
1.	D-two i sztab DZ - D-two i sztab armii	0,99999	0,9989
2.	PK WR1A DZ - DWR1A armii	0,9999	0,998
3.	PK WOPL DZ - DWOPL armii	0,9999	0,998
4.	SD DZ - WSD DZ	0,995	0,960
5.	SD DZ - SD pz/pcz	0,99999	0,9989
6.	SD DZ - SD pa	0,9999	0,998
7.	SD DZ - TSD DZ	0,995	0,960
8.	SD DZ - SD drt	0,9999	0,998
9.	SD DZ - SD prplot	0,9988	0,9825

Wprowadzone w aneksie zmiany dotyczące sposobu obliczania parametrów systemu łączności nie wpłyną na zmianę przedstawionej koncepcji doskonalenia systemu łączności dywizji zmechanizowanej.

Przedstawione w aneksie wyniki ujęte w tablicach 4 i 9 wskazują, że w warunkach działań bez użycia broni masowego rażenia, zarówno dotychczasowy jak i proponowany system łączności zapewnia pracę w zautomatyzowanym systemie dowodzenia z wymaganym współczynnikiem gotowości. Natomiast w warunkach użycia broni masowego rażenia, dotychczasowy system łączności nie

spełnia wymagań na PASUW w żadnej relacji, a system proponowany nie spełnia wymagań w relacjach SD DZ - WSD DZ oraz SD DZ - TSD DZ.

Różnice wartości przedstawionych w rozprawie i w aneksie, są wynikiem stosowania w rozprawie uproszczonego aparatu matematycznego, a także nie uwzględnienia przy obliczeniach relacji przewodowych.

#### BIBLIOGRAFIA

79. A.A. BESSONOV, A.W. MOROZ: "Nadeżnost sistiem awtomatycznego regulirovanija" ENERGOATOMIZDAT - Leningrad 1984.
80. J.G. FOKIN: "Nadeżnost pri ekspluatacji techniceskich sredstw" Voennoje Izdatelstwo M.O.SSSR - Moskwa 1970.
81. PN- 80/4000 - "Niezawodność w technice. Terminologia"
82. ST SEV 292-76 - "Nadeżnost w technice. Osnowny teminy i opredelenija".
83. I.A. MIZIN: "Peredaca informacii v setjach s kommutacej soobscenij" Izdatelstwo "SVJAZ" - Moskwa 1970.
84. G.M. MATLIN: "Projektirowanie optimalnych sistem proizwodstwennoj svjazi" Izdatelstwo "SVJAZ" - Moskwa 1973.

P R O G R A M

na system minikomputerowy "ZX-SPECTRUM" dotyczący obliczania współczynnika gotowości kanału /relacji/ łączności. Język systemu - BASIC

Warunki początkowe:

$$W_{ef1} = 0,67 \text{ do } 1,27$$

$$a = 1,2 \text{ do } 2,0$$

$$N_o = 0,8 \text{ do } 0,95$$

Przyjmujemy, że program powinien być powtarzany dziesięciokrotnie.

```

4. FOR u=1 TO 10
5. LET a=//RND x 0,8/ + 1,2/
10. FOR W=0,67 TO 1,27 STEP 0,1
      gdzie W=Wef1
30. LET R=W/a
      gdzie R=x1
40. LET Q=//RNDx0,15/+0,7/
      gdzie Q=No
42. LET n=R/Q
      gdzie n=NT
43.>LET D=-LN n/ : /RNDx48/
      gdzie D=-ln NT/ Tp+To
44. IF n 1 THEN GO TO 70
50. IF n =1 THEN PRINT "D/";W;",";n;"/="``D``";"Tp=";1/D``
70. NEXT W
80. NEXT u
RUN 50

```

Uzyskujemy szereg wartości D i T<sub>p</sub> z których jako reprezentatywne wybieramy:

a. D/1,17;072412941/ = 0,0074872893 ; T<sub>p</sub> = 133,55968 godzin

b. D/0,97;0,89175137/= 0,00863305; T<sub>p</sub> = 115,83305 godzin

c. D/0,67;0,57917739/ = 0,026933179; T<sub>p</sub> = 37,128926 godz.

d. D/0,67;0,6399517/ = 0,23871277; T<sub>p</sub> = 4,1891349 godz.

Przyjmując wartości czasu działania t=1 do 48 godzin piszemy program na funkcję gotowości.

```

500. FOR t=1 TO 48
510. LET Kg1 = /1:/Dxt//x/1-exp/-D/x/t-1:6///
      dla T0=1/6 godziny
520. PLOT tx5, Kg1x140
530. NEXT t

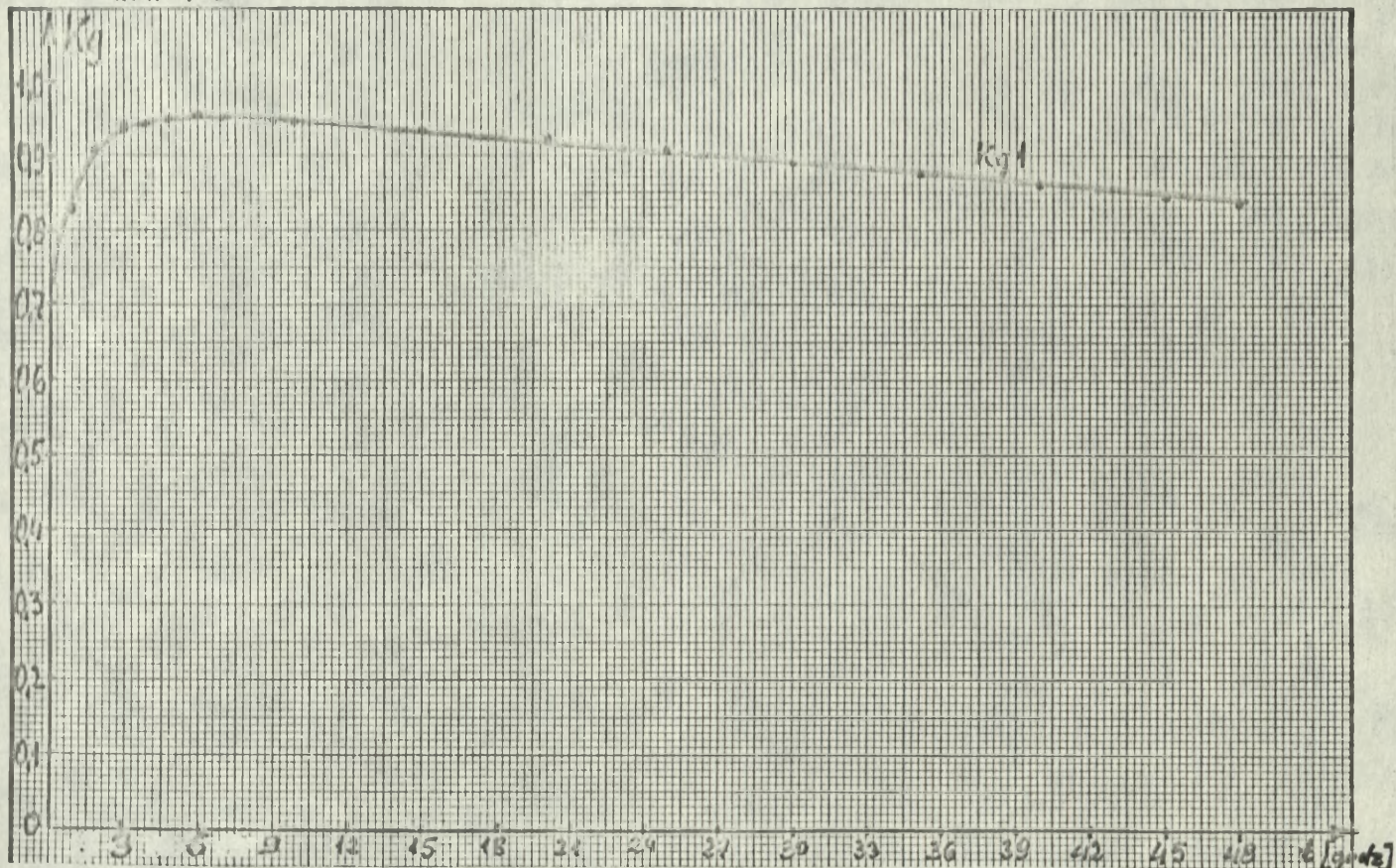
```

Pliszemy komendę na układ współrzędnych

```

490. PLOT 0,0: DRAW 255,0:FOR L=0 TO 250 STEP 10: PLOT L, 1:NEXT L
495. PLOT 0,0: DRAW 0,150:FOR L=0 TO 140 STEP 14: PLOT 1, L:NEXT L
RUN 490

```



Zmieniamy 520

```
520. PRINT "Kg1/";t;"/=";Kg1
```

RUN 500

t	K <sub>g1</sub>	t	K <sub>g1</sub>	t	K <sub>g1</sub>	t	K <sub>g1</sub>	t	K <sub>g1</sub>
1	0,8307	5	0,9512	10	0,9480	30	0,8912	48	0,8376
2	0,9104	6	0,9516	15	0,9359	35	0,8760		
3	0,9344	7	0,9570	20	0,9215	40	0,8610		
4	0,9447	9	0,9497	25	0,9064	45	0,8463		

dla D=0,007487; T<sub>p</sub>=133,56 godzin

Dopisujemy

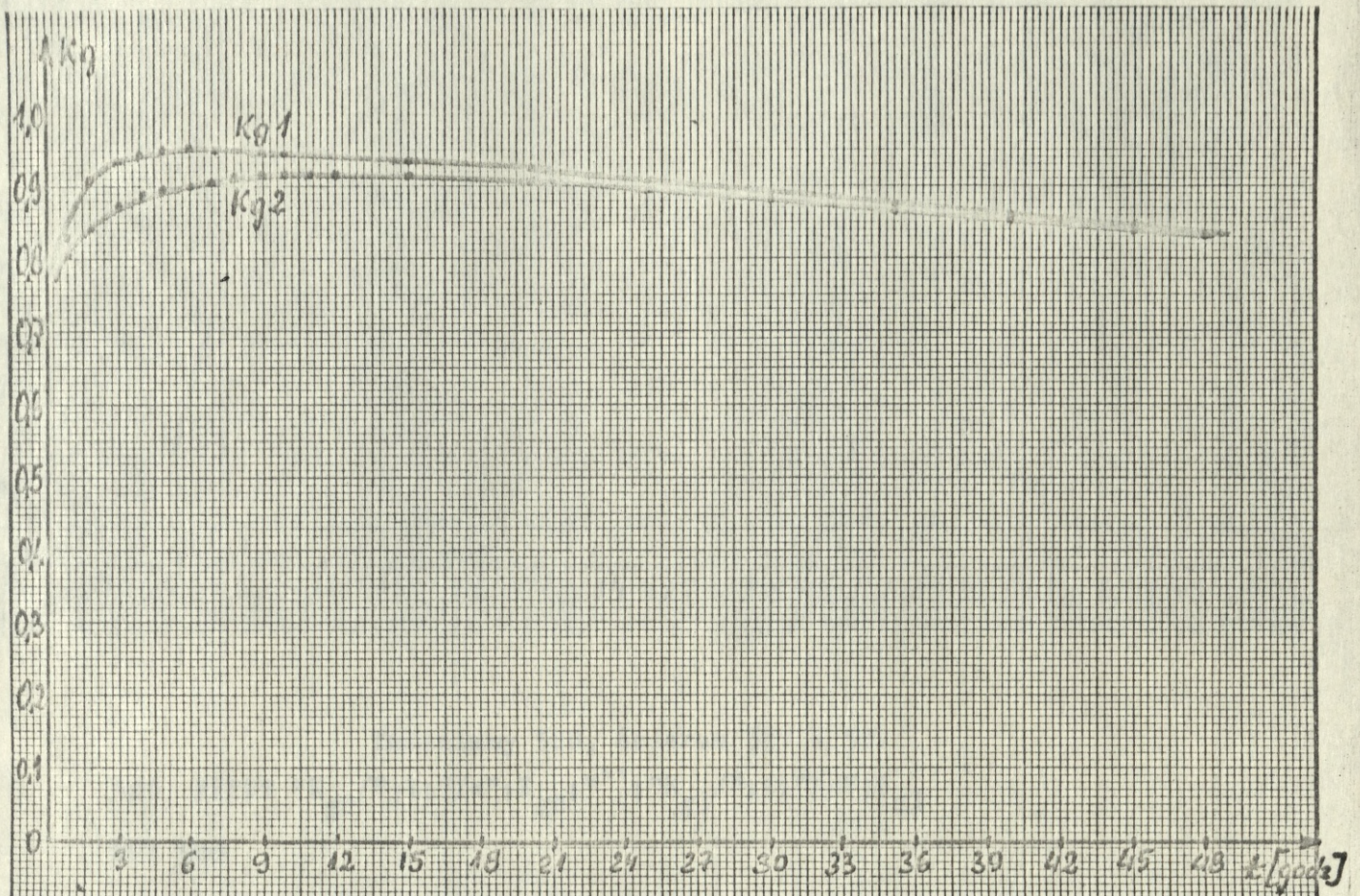
515. LET  $K_{g2} = /1:/Dxt//x/1-exp/-D/x/t-0,5///$

dla  $T_0 = 0,5$  godziny

520. PLOT tx5,  $K_{g1} \times 140$

521. PLOT tx5,  $K_{g2} \times 140$

RUN 490



Dodatkowo uwzględniamy czas odnowy dla WDSz R-3M równy 5h.

516. LET  $K_{g3} = /1:/Dxt//x/1-exp/-D/x/t-5///$

Zmieniamy 500

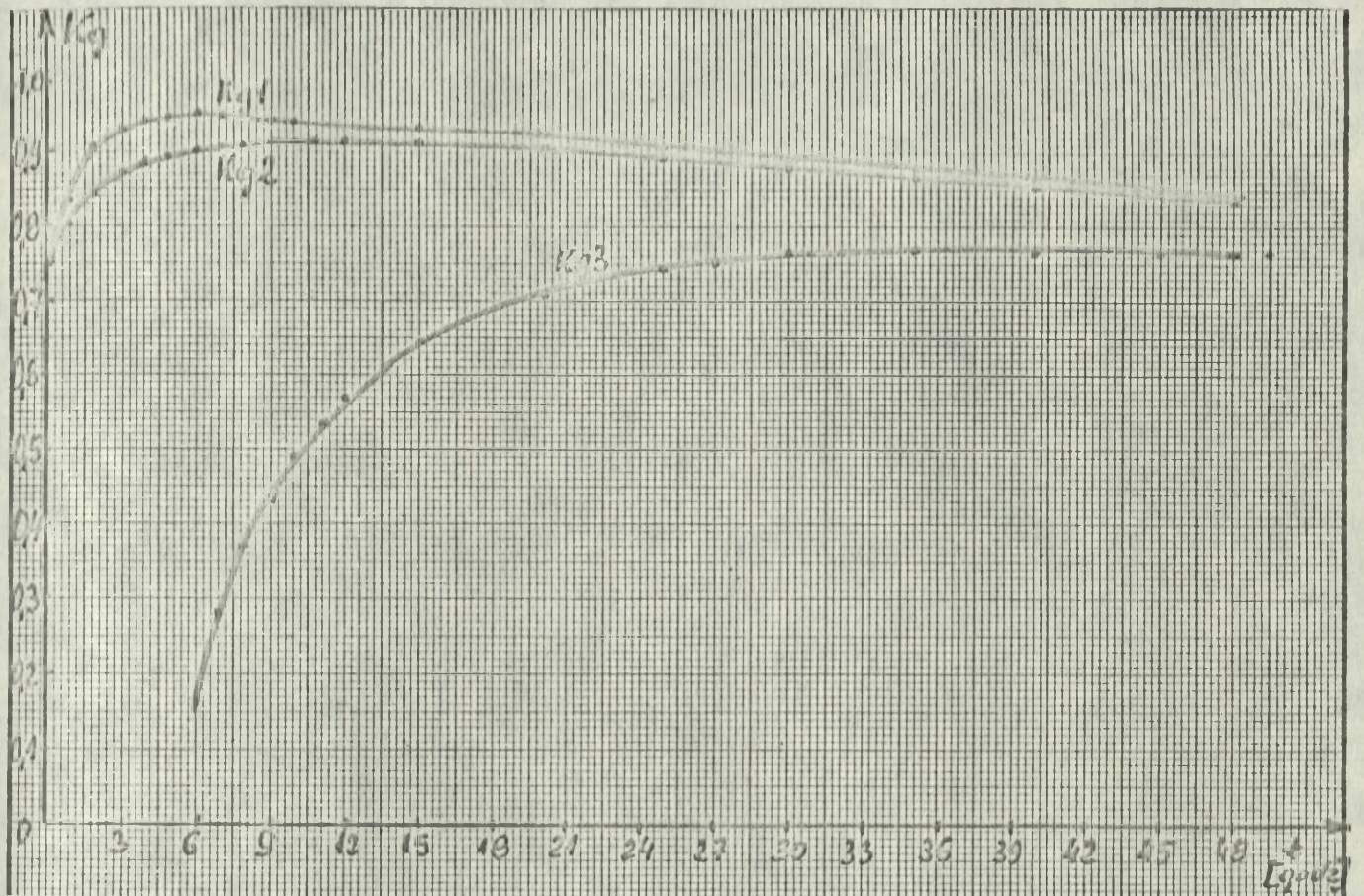
500. FOR t=6 TO 48

520. PLOT tx5,  $K_{g1} \times 140$

521. PLOT tx5,  $K_{g2} \times 140$

522. PLOT tx5,  $K_{g3} \times 140$

RUN 490



Zmieniamy 520, ścioram 521 i 522

520. PRINT "K<sub>g2</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>g2</sub> ; " " ; "K<sub>g3</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>g3</sub>

RUN 500

t	K <sub>g2</sub>	K <sub>g3</sub>	t	K <sub>g2</sub>	K <sub>g3</sub>	t	K <sub>g2</sub>	K <sub>g3</sub>
6	0,8980	0,1660	12	0,9182	0,5683	35	0,8686	0,7676
7	0,9063	0,2835	15	0,9160	0,6423	40	0,8548	0,7697
8	0,9116	0,3708	20	0,9071	0,7094	45	0,8410	0,7681
9	0,9150	0,4378	25	0,8953	0,7429	48	0,8327	0,7659
10	0,9170	0,4907	27	0,8902	0,7512			
11	0,9179	0,5338	30	0,8823	0,7599			

Zmieniam 510 dla D=0,02693

510. LET K<sub>g4</sub> = /1:/Dxt//x/1-exp/-D/x/t-1:6///  
oraz 515 dla D=0,23871

515. LET K<sub>g5</sub> = /1:/Dxt//x/1-exp/-D/x/t-1:6///

Zmieniam 500

500. FOR t=1 TO 48

Zmieniam 520

520. PRINT "K<sub>g4</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>g4</sub> ; " " ; "K<sub>g5</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>g5</sub>

RUN 500

t	K <sub>g4</sub>	K <sub>g5</sub>	t	K <sub>g4</sub>	K <sub>g5</sub>	t	K <sub>g4</sub>	K <sub>g5</sub>
1	0,8420	0,7556	10	0,8639	0,3788	35	0,6458	-
2	0,8944	0,7424	15	0,8153	0,2711	40	0,6108	0,1040
3	0,9093	-	20	0,7683	0,2076	45	0,5785	-
4	0,9105	-	25	0,7244	-	48	0,5603	0,0872
5	0,9064	0,5735	30	0,6835	0,1350			

Sprawdzam współczynnik gotowości relacji K<sub>grel</sub>

przy założeniu, że K<sub>g1</sub>=...=K<sub>gn</sub>, wówczas  $K_{grel} = 1 - 1 - K_g^n$

Wprowadzam komendę

518. LET "K<sub>gR</sub>=1-1-K<sub>g</sub>/ k

gdzie K<sub>gR</sub>=K<sub>grel</sub> ; k=n / ilość kanałów/

Zakładam K<sub>g</sub>=K<sub>g4</sub> ; k=5

Zmieniam 520

520. PRINT "K<sub>g4</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>g4</sub> ; "K<sub>gR</sub>/" ; t ; "/" ; "=" ; K<sub>gR</sub>

RUN 500

t	K <sub>g4</sub>	K <sub>gR</sub>	t	K <sub>g4</sub>	K <sub>gR</sub>	t	K <sub>g4</sub>	K <sub>gR</sub>
1	0,8420	0,9998	10	0,8639	0,9999	35	0,6458	0,9944
2	0,8944	0,9999	15	0,8153	0,9997	40	0,6108	0,9890
3	0,9093	0,9999	20	0,7683	0,9991	45	0,5785	0,9867
4	0,9105	0,9999	25	0,7244	0,9984	48	0,5603	0,9835
5	0,9064	0,9999	30	0,6835	0,9968			

Zmieniam 520

520. PLOT tx5, K<sub>g4</sub>x140

Dopisuję

521. PLOT tx5, K<sub>gR</sub>x140

RUN 490

