



Model oceny systemu remontu techniki brygady zmechanizowanej w działaniach bojowych

MARIAN BRZEZIŃSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Logistyki,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

Streszczenie. Przedstawiono model systemu remontu techniki wojskowej brygady ogólnowojskowej zbudowany w oparciu o procesy stochastyczne. Zastosowano opracowany model do oceny systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu. Dokonano oceny systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu.

Słowa kluczowe: eksploatacja, remont, technika, modelowanie

Wstęp

Prowadzenie skutecznych działań bojowych przez brygadę wojsk lądowych uzależnione jest od posiadania określonego ukończenia w uzbrojenie i sprzęt wojskowy. W czasie prowadzenia działań bojowych należy się liczyć z powstawaniem strat w technice, które mogą spowodować w krótkim czasie znaczne obniżenie potencjału bojowego brygady.

Ponieważ ocenia się, że uzupełnienie brygady w uzbrojenie i sprzęt wojskowy w czasie trwania działań bojowych będzie mało prawdopodobne, stąd zachowanie określonego stopnia ukończenia oddziałów i pododdziałów brygady w zasadnicze rodzaje techniki będzie możliwe poprzez sprawnie zorganizowany remont. Zdaniem autora podstawowym warunkiem właściwego zorganizowania remontu jest analiza potrzeb i ocena możliwości remontowych. Problem analizy i oceny systemu remontu brygady ogólnowojskowej jest istotnym problemem teoretycznym i praktycznym. Jego rozwiązanie wymaga opracowania oryginalnych modeli systemu remontu techniki wojskowej oraz określenia charakterystyk,

których parametry stanowią podstawę analizy i oceny systemów remontu techniki wojskowej (SRTW).

1. Modelowanie systemu remontu techniki wojskowej brygady ogólnowojskowej

Do zbudowania modelu analizy i oceny systemu remontu techniki wojsk brygady w działaniach bojowych można wykorzystać zależności, za pomocą których opisywane są systemy wielostanowiskowe [1, 2, 3, 4]. System remontowy wielostanowiskowy składa się z s identycznych stanowisk remontowych oraz ograniczonej liczby m miejsc ($L = m$), gdzie tworzy się kolejka. Jeżeli s zgłoszeń znajduje się na stanowiskach remontowych i w tym samym czasie w kolejce jest m innych zgłoszeń — rejon oczekiwania na remont jest pełny, to każde następne zgłoszenie do remontu jest tracone. Oznacza to, że system remontowy zachowuje się jak system ze stratą, gdy w systemie znajduje się $m + s$ zgłoszeń. Są to systemy remontowe z nieskończoną wymiarową liczbą zgłoszeń oraz ograniczoną kolejką wynikającą z tzw. czasu dyspozycyjnego oraz możliwości remontowych.

System remontu techniki wojskowej może znajdować się w następujących stanach:

- S_0 — brak zgłoszeń do remontu w systemie,
- S_1 — jeden uszkodzony obiekt na stanowiskach remontowych, brak uszkodzonej techniki w kolejce,
- S_2 — dwa uszkodzenia na stanowiskach remontowych, brak uszkodzonej techniki w kolejce,
- ...
- S_s — s uszkodzonej techniki na stanowiskach remontowych (wszystkie stanowiska zajęte), brak uszkodzonej techniki w kolejce,
- S_{s+1} — wszystkie stanowiska remontowe s zajęte i jeden uszkodzony obiekt w kolejce,
- S_{s+m} — wszystkie stanowiska remontowe s zajęte i wszystkie miejsca w kolejce m zajęte.

Założmy, że $\lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_{m+s-1} = \lambda$ oraz

- $\mu_1 = \mu$ — jest to intensywność remontów, gdy na stanowisku znajduje się jeden obiekt remontowany,
- $\mu_2 = 2\mu$ — intensywność remontu, gdy na stanowiskach znajdują się dwa obiekty remontowane, itd.,
- $\mu_s = s \cdot \mu$ — intensywność remontu, gdy wszystkie stanowiska remontowe są zajęte, a w kolejce nie oczekuje żaden obiekt na remont,
- $\mu_{s+1} = s \cdot \mu, \dots, \mu_{s+m} = s \cdot \mu$ — intensywność remontu, gdy zajęte są wszystkie stanowiska remontowe i miejsca oczekiwania na remont.

Jeżeli liczba zgłoszeń do remontu zawarta jest w przedziale $0 \leq i \leq s$, to prawdopodobieństwo dla poszczególnych stanów systemu można obliczyć w następujący sposób:

$$Q_i = \frac{\rho^i}{i!}, \quad (1)$$

z kolei jeżeli liczba zgłoszeń do remontu znajdujących się w systemie należy do przedziału $s+1 \leq i \leq s+m$, to

$$Q_i = \frac{s^s}{s!} \left(\frac{\rho}{s} \right)^i, \quad \text{gdzie } \frac{\rho}{s} < 1. \quad (2)$$

Znając wartość współczynnika Q_i , można obliczyć prawdopodobieństwo stanów systemu p_i :

$$p_i = p_0 \cdot Q_i. \quad (3)$$

Model ulegnie uproszczeniu, jeżeli założymy, że liczba miejsc w kolejce dąży do ∞ i $\frac{s}{s} < 1$, co w działaniach bojowych jest typowe.

W takim przypadku prawdopodobieństwo stanów systemu remontowego:

$$p_o = \frac{1}{\sum_{i=0}^s \frac{\rho^i}{i!} + \frac{s^s}{s!} \sum_{i=s+1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{s} \right)^i}.$$

Prawdopodobieństwo straty systemu remontowego (blokady) będzie miało miejsce wtedy, gdy wszystkie stanowiska będą zajęte:

$$p_{sn} = p_s,$$

natomiast prawdopodobieństwo remontu wyniesie

$$p_r = 1 - p_{sn}.$$

Parametry systemu remontu techniki wojskowej oblicza się z następujących zależności:

Średnia liczba uszkodzonej techniki na stanowiskach remontowych:

$$\bar{l} = p_o \left[\sum_{i=1}^s \frac{\rho^i}{(i-1)!} + \frac{s^{s+1}}{s!} \cdot \frac{\rho^s}{s^s} \sum_{i=s+1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{s} \right)^{i-s} \right]. \quad (4)$$

Średnią liczbę zgłoszeń uszkodzonej techniki oczekującej w kolejce określić można ze wzoru:

$$\bar{r} = p_o \frac{s^s}{s!} \left(\frac{\rho}{s} \right)^{s+1} \sum_{r=1}^{\infty} r \left(\frac{\rho}{s} \right)^{r-1}. \quad (5)$$

Pozostałe parametry można obliczyć, korzystając z formuł Little'a:
Średnia liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie:

$$\bar{n} = \bar{l} + \bar{r}. \quad (6)$$

Średni czas oczekiwania w kolejce na remont:

$$\bar{\omega} = \frac{\bar{r}}{\lambda}. \quad (7)$$

Średni czas pobytu zgłoszenia w systemie remontowym:

$$\bar{q} = \frac{\bar{n}}{\lambda}. \quad (8)$$

Średni czas remontu:

$$\bar{\tau} = \frac{\bar{l}}{\lambda}. \quad (9)$$

2. Zastosowanie modelu oceny systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu

2.1. Założenia do budowy modelu systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu

Model systemu remontu techniki wojskowej BZ w natarciu zbudowano przy następujących ograniczeniach i założeniach:

- analizie i ocenie poddano system remontu techniki czołgowo-samochodowej brygady;
- stan ilościowy techniki czołgowo-samochodowej brygady, dobowe straty i ich strukturę oraz nominalne możliwości remontowe określono zgodnie z „Poradnikiem logistycznym” do ćwiczeń i treningów sztabowych [5];
- jako podstawę do zbudowania modelu systemu remontowego przyjęto model działań taktycznych przyjmowany w ćwiczeniach;
- w systemie wykonywane są remonty pierwszego stopnia R1;

- liczba analizowanych i ocenianych wariantów wynikająca z przyjętej wielkości możliwości remontowych systemu: 100, 95, 90, 80, 70, 60 i 50 — siedem wariantów;
- model systemu opisywany jest procesem markowskim, a jego stan określa liczba zgłoszeń;
- liczba miejsc w kolejce (poczekalni) ograniczona dobowymi możliwościami remontowymi.

2.2. Analiza systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu

Zgodnie z modelem natarcia brygady, biorąc pod uwagę przyjęte w ćwiczeniach normy działań, oszacowano czasy realizacji poszczególnych etapów walki oraz wskaźniki rozkładu strat techniki wojskowej (tab. 1).

TABELA 1

Szacunkowe czasy realizacji etapów walki i wskaźniki rozkładu strat techniki wojskowej

Etap działań	Czasy realizacji etapów działań t w min	Wskaźniki rozkładu strat techniki wojskowej
Przemieszczanie z rejonu wyjściowego do rubieży rozwinięcia w ugrupowanie bojowe	$0 \leq t < 60$	0,05
Rozwijanie w ugrupowanie bojowe	$60 \leq t < 90$	0,10
Pokonywanie przeciwnika na pierwszej pozycji obrony	$90 \leq t < 270$	0,30
Pokonywanie przeciwnika na drugiej pozycji obrony	$270 \leq t < 390$	0,20
Walka pomiędzy drugą a trzecią pozycją obrony przeciwnika	$390 \leq t < 480$	0,10
Pokonywanie przeciwnika na trzeciej pozycji obrony	$480 \leq t < 600$	0,15
Pokonywanie przeciwnika na czwartej pozycji obrony	$600 \leq t \leq 690$	0,10
Razem	690	1

System remontowy techniki czołgowo-samochodowej brygady jest przeznaczony do wykonywania remontów o bardzo małych uszkodzeniach, tzn. takich, których pracochłonność remontu wynosi od 16 do 40 rbh (R1), a czas trwania nie przekracza 12 godzin. Stan ilościowy techniki czołgowo-samochodowej BZ oraz dobowe uszkodzenia o bardzo małym zakresie, powstałe w natarciu, przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Stan ilościowy oraz dobowe uszkodzenia o bardzo małym zakresie techniki
czołgowo-samochodowej BZ w natarciu

Technika czołgowo- -samochodowa	Stan wyjściowy	Dobowe uszkodzenia i zniszczenia			
		ogólne		o bardzo małym stopniu uszkodzenia	
		%	ilość	%	ilość
Czołgi	53	45	24	19	5
Bojowe wozy piechoty	106	40	43	24	11
Transportery opancerzone i samochody opancerzone	40	40	16	20	4
Samochody transportowe	892	15	134	15	20

Biorąc pod uwagę oszacowane wskaźniki rozkładu strat, ich ilość napływającą do systemu remontu pierwszego stopnia (R1) techniki czołgowo-samochodowej w poszczególnych etapach walki przedstawiono w tabeli 3.

System remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu będzie rozumiany jako celowo zorganizowany zbiór podsystemów remontu czołgów, bojowych wozów piechoty, transporterów opancerzonych i samochodów transportowych oraz relacji między nimi i otoczeniem, którego celem jest odtwarzanie stanu zdolności techniki wojkowej [6].

$$SR1TCzSBZ = \langle PR1Cz, PR1BWP, PR1TOiSO, PR1ST, R \rangle, \quad (10)$$

gdzie: SR1TCzSBZ — system remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej brygady zmechanizowanej;

PR1Cz — podsystem remontu pierwszego stopnia czołgów;

PR1BWP — podsystem remontu pierwszego stopnia bojowych wozów piechoty;

PR1TOiSO — podsystem remontu pierwszego stopnia transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych;

PR1ST — podsystem remontu pierwszego stopnia samochodów transportowych;

R — zbiór relacji fizycznych i informacyjnych.

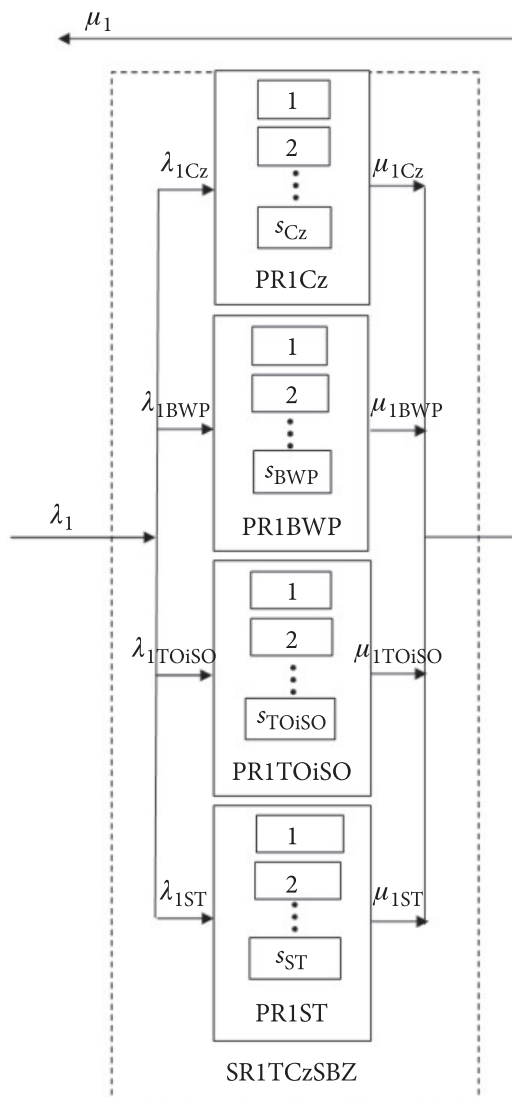
TABELA 3

Szacunkowa wielkość strumienia uszkodzonej techniki czołgowo-samochodowej wpływająca do systemu remontowego

Etap walki	Wskaźniki rozkładu strat techniki wojskowej	Strumień uszkodzonej w bardzo małym zakresie techniki czołgowo-samochodowej			
		Czołgi	Bojowe wozy piechoty	Transportery opancerzone i samochody opancerzone	Samochody transportowe
Przemieszczanie z rejonu wyjściowego do rubieży rozwinięcia w ugrupowanie bojowe	0,05	–	1	–	1
Rozwijanie w ugrupowanie bojowe	0,10	1	1	–	2
Pokonywanie przeciwnika na pierwszej pozycji obrony	0,30	2	3	1	6
Pokonywanie przeciwnika na drugiej pozycji obrony	0,20	1	2	1	4
Walka pomiędzy drugą a trzecią pozycją obrony przeciwnika	0,10	–	1	1	2
Pokonywanie przeciwnika na trzeciej pozycji obrony	0,15	1	2	–	3
Pokonywanie przeciwnika na czwartej pozycji obrony	0,10	–	1	1	2
Razem	1,00	5	11	4	20

Model systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ przedstawiono na rysunku 1.

Elementem każdego z podsystemów remontu jest zbiór stanowisk remontowych s (s_{Cz} — czołgów, s_{BWP} — bojowych wozów piechoty, s_{TOISO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, s_{ST} — samochodów transportowych). Możliwości remontowe systemu są funkcją głównie ukończenia w środki remontowe oraz liczby pracowników produkcyjnych. W niniejszej monografii przyjęto, że możliwości remontowe zależą od liczby stanowisk remontowych. W tabeli 4 przedstawiono liczbę stanowisk remontowych rozważanego systemu.



Rys. 1. Model systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ (SR1TCzSBZ): λ_1 — intensywność strumienia bardzo małych uszkodzeń: λ_{1Cz} — czołgów, λ_{1BWP} — bojowych wozów piechoty, λ_{1TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, λ_{1ST} — samochodów transportowych; s_{Cz} , s_{BWP} , s_{TOiSO} , s_{ST} — liczba stanowisk remontowych: czołgów, bojowych wozów piechoty, transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych i samochodów transportowych; μ_1 — intensywność strumienia remontów pierwszego stopnia: μ_{1Cz} — czołgów, μ_{1BWP} — bojowych wozów piechoty, μ_{1TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, μ_{1ST} — samochodów transportowych

TABELA 4

Liczba stanowisk remontowych systemu remontu techniki czołgowo-samochodowej

Podsystem remontu	Możliwości remontowe systemu w %						
	100	95	90	80	70	60	50
	Liczba stanowisk remontowych systemu						
PR1Cz	2	2	2	2	2	2	1
PR1BWP	3	3	3	3	2	2	2
PR1TOiSO	1	1	1	1	1	1	1
PR1ST	5	5	5	4	4	3	3

Wejście do systemu remontu stanowią strumienie uszkodzonej techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu, których intensywność oznaczona została przez λ_1 , która jest sumą intensywności strumieni: λ_{1Cz} — czołgów, λ_{1BWP} — bojowych wozów piechoty, λ_{1TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, λ_{1ST} — samochodów transportowych. Natomiast wyjście systemu stanowi strumień wyremontowanej techniki, którego intensywność oznaczona została przez μ_1 , która jest sumą intensywności remontu: μ_{1Cz} — czołgów, μ_{1BWP} — bojowych wozów piechoty, μ_{1TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, μ_{1ST} — samochodów transportowych.

Na podstawie przyjętych założeń dotyczących dobowych strat i ich struktury oraz nominalnych możliwości remontowych techniki czołgowo-samochodowej brygady obliczono intensywność strumieni wejściowych λ_1 i wyjściowych μ_1 dla rozpatrywanych wariantów systemu remontu techniki czołgowo-samochodowej, a wyniki przedstawiono w tabeli 5.

TABELA 5

Wartości intensywności strumieni remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu

Podsystem remontu	Wartości strumieni uszkodzeń λ_1	Możliwości remontowe systemu w %						
		100 wariant 1	95 wariant 2	90 wariant 3	80 wariant 4	70 wariant 5	60 wariant 6	50 wariant 7
		Wartości intensywności strumieni remontu μ_1						
PR1Cz	0,380	0,055	0,052	0,049	0,044	0,039	0,033	0,027
PR1BWP	0,860	0,075	0,068	0,065	0,058	0,050	0,043	0,036
PR1TOiSO	0,260	0,050	0,048	0,045	0,040	0,035	0,030	0,025
PR1ST	1,675	0,070	0,067	0,063	0,056	0,049	0,042	0,035

Każdy podsystem remontu może znajdować się w określonych stanach:

S_0 — brak zgłoszeń do remontu;

S_1 — jeden uszkodzony obiekt na stanowisku remontowym;

...

S_s — (S_{SCz} , S_{SBWP} , S_{STOiSO} , S_{SST}) — wszystkie stanowiska remontowe zajęte i każdy następny uszkodzony obiekt jest dla systemu tracony.

3. Ocena systemu remontu techniki wojskowej brygady zmechanizowanej w natarciu

Podstawę oceny systemu remontu techniki wojskowej stanowią jego charakterystyki, które można opisać poprzez zbiór parametrów. Do podstawowych parametrów oceny systemu remontu techniki wojskowej można zaliczyć: prawdopodobieństwa poszczególnych stanów systemu, w tym prawdopodobieństwo straty (blokady systemu) i prawdopodobieństwo remontu, obciążenie systemu ρ , średnią liczbę uszkodzonej techniki na stanowiskach remontowych \bar{l} , średnią liczbę zgłoszeń uszkodzonej techniki oczekującej na remont \bar{r} , średnią liczbę zgłoszeń znajdujących się w systemie \bar{n} , średni czas oczekiwania w kolejce na remont \bar{w} , średni czas pobytu zgłoszenia w systemie \bar{q} oraz średni czas remontu $\bar{\tau}$.

Każdy podsystem remontu techniki BZ może znajdować się w różnych stanach zależnych od liczby stanowisk remontowych. Liczbę stanów, w jakich znajdują się poszczególne podsystemy remontu techniki czołgowo-samochodowej, przedstawiono w tabeli 6.

TABELA 6

Liczba stanów systemu remontu techniki czołgowo-samochodowej

Podsystem remontu	Możliwości systemu remontu w %						
	100	95	90	80	70	60	50
	Liczba stanowisk podsystemu						
PRICz	3	3	3	3	3	3	2
PRIBWP	4	4	4	4	3	3	3
PRITOiSO	2	2	2	2	2	2	2
PRIST	6	6	6	5	5	4	4

W zależności od możliwości systemu remontu techniki wojskowej przy stałej intensywności strumienia uszkodzeń można ocenić obciążenie systemu dla każdego rozpatrywanego wariantu. Obciążenie systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu przedstawiono w tabeli 7.

TABELA 7

Obciążenie systemu remontu pierwszego stopnia (R1) BZ w natarciu

Podsystem remontu	Możliwości remontowe systemu w %						
	100 wariant 1	95 wariant 2	90 wariant 3	80 wariant 4	70 wariant 5	60 wariant 6	50 wariant 7
	Obciążenie systemu remontu ρ_1						
PR1Cz	3,454	3,619	3,838	4,433	4,935	5,757	6,909
PR1BWP	3,981	4,195	4,433	4,971	5,695	6,615	7,962
PR1TOiSO	5,200	5,416	5,778	6,500	7,428	8,667	10,400
PR1ST	4,785	5,030	5,317	5,982	6,836	7,976	9,572

Wartości obciążenia ρ_1 wskazują, że system remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu jest wysoce niestabilny $\lambda_1 > \mu_1$ ($\rho_1 > 1$). Prawdopodobieństwo kolejki w każdym podsystemie remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu rośnie nawet przy nominalnych możliwościach systemu remontu wynoszących 100% (wariant 1). Spadek możliwości systemu remontu (warianty od 2 do 7) powoduje dalszy wzrost niestabilności układu. Sugeruje to, że w systemie remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu należy wprowadzić zmiany w postaci jego wzmocnienia potencjałem remontowym mobilnym lub stacjonarnym.

Wykonanie wszystkich remontów pierwszego stopnia po dniu walki będzie możliwe poprzez zorganizowanie dodatkowych stanowisk remontowych w: PR1CZ-5, PR1BWP-9, PR1TOiSO-4 oraz PR1ST-19.

Pozostałe parametry oceny systemu remontu obliczano, korzystając z programu Excel. Charakterystyki systemów remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu — wariant od 1 do 7 — przedstawiono w tabelach 8-15.

TABELA 15

Prawdopodobieństwo straty p_{sn} i prawdopodobieństwo remontu p_r systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu

a) wariant 1-100% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,75110533	0,24894700
PR1BWP	0,77116529	0,22883471
PR1TOiSO	0,83870000	0,16130000
PR1ST	0,80090000	0,19910000

b) wariant 2-95% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,76269754	0,23730246
PR1BWP	0,78270000	0,21730000
PR1TOiSO	0,84420000	0,15580000
PR1ST	0,80900000	0,19100000

c) wariant 3-90% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,7745036	0,2254964
PR1BWP	0,79140000	0,20860000
PR1TOiSO	0,85250000	0,14750000
PR1ST	0,81980000	0,18020000

d) wariant 4-80% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,79466408	0,20533592
PR1BWP	0,81200000	0,18800000
PR1TOiSO	0,86670000	0,13330000
PR1ST	0,87100000	0,12900000

e) wariant 5-70% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,81544143	0,18455857
PR1BWP	0,89040000	0,10960000
PR1TOiSO	0,88140000	0,11860000
PR1ST	0,88660000	0,11340000

f) wariant 6-60% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,84120752	0,15879248
PR1BWP	0,90500000	0,09500000
PR1TOiSO	0,89660000	0,10340000
PR1ST	0,92670000	0,07330000

g) wariant 7-50% możliwości remontowych

Podsystem remontu	Prawdopodobieństwo	
	p_{sn}	p_r
PR1Cz	0,93366093	0,06633907
PR1BWP	0,82820000	0,17180000
PR1TOiSO	0,91230000	0,08770000
PR1ST	0,93860000	0,06140000

Według autora do najważniejszych parametrów oceny systemu remontu techniki wojskowej można zaliczyć średnią liczbę uszkodzonej techniki czołgowo-samochodowej na stanowiskach remontowych, a z punktu widzenia systemu walki średni czas pobytu zgłoszenia w systemie \bar{q} . Średnie liczby uszkodzonej techniki czołgowo-samochodowej na stanowiskach remontowych \bar{l} wskazują na ich zajętość przez całą dobę walki. Z kolei średni czas pobytu zgłoszenia w systemie \bar{q} wynika z wielkości uszkodzeń techniki wojskowej zakwalifikowanej do remontu pierwszego stopnia (R1) i dobowego czasu dyspozycyjnego systemu.

Obliczone parametry wskazują na praktycznie stałą zajętość stanowisk remontowych oraz niezmienność kolejki techniki oczekującej na remont przez całą dobę walki.

Pozostałe parametry oceny systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu potwierdzają, że jest to układ ze stratą. Wskazują na to nie tylko wysokie prawdopodobieństwa straty, o czym napisano wcześniej, ale również średnie liczby uszkodzonej techniki wojskowej (\bar{l} , \bar{r} , \bar{n}) oraz średnie czasy pobytu ($\bar{\omega}$, \bar{q} , $\bar{\tau}$) w systemie.

Analiza obliczanych wartości parametrów potwierdza wniosek o konieczności wzmocnienia systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu. W analizowanym systemie prawdopodobieństwo straty zgłoszenia przychodzącego do remontu p_{sn} oraz przyjęcia do remontu przedstawiono w tabeli 15. Przy danej intensywności strumienia uszkodzeń prawdopodobieństwo straty, tzn. odmowy remontu, jest wysokie i wynosi dla każdego podsystemu remontu od około 0,75 do 0,93 w zależności od możliwości remontowych i rośnie wraz z ich spadkiem.

W każdym z rozważanych wariantów prawdopodobieństwo odmowy wykonania remontu jest wyższe od prawdopodobieństwa jego wykonania. Wraz ze spadkiem możliwości remontowych rośnie prawdopodobieństwo niewykonania remontu i jest ono od około trzech razy wyższe przy możliwościach remontowych wynoszących 100%, nawet do piętnastu razy wyższe przy możliwościach 50% od prawdopodobieństwa wykonania remontu.

Analiza systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu i sporządzona na jej podstawie ocena wykazała, że nie jest on dostosowany do wielkości strat techniki powstałych w walce. Możliwości rozpatrywanego systemu są zbyt małe, aby wszystkie remonty pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej zostały wykonane. Obniżenie możliwości systemu remontu techniki wojskowej na skutek strat powstałych w systemie remontu pogłębia jego niedostosowanie do systemu walki.

Podsumowanie

Do zbudowania modelu systemu remontu techniki brygady ogólnowojskowej wykorzystano zależności systemu wielostanowiskowego. Jako podstawę opracowania modelu systemu remontu przyjęto model działań taktycznych stosowany powszechnie w ćwiczeniach. Zgodnie ze scenariuszem przebiegu ćwiczenia działań brygady oszacowano czasy realizacji poszczególnych etapów walki, wskaźniki rozkładu strat techniki wojskowej oraz wielkość i strukturę strumieni uszkodzonej techniki czołgowo-samochodowej napływającą do systemu remontu. Przyjęto, że możliwości systemu zależą od liczby stanowisk remontowych, stąd oszacowano także ich liczbę dla poszczególnych podsystemów remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ dla każdego badanego wariantu.

Określono intensywność strumieni wejściowych do systemu (uszkodzonej techniki), intensywność strumieni wyjściowych (wyremontowanej techniki) oraz liczbę stanów każdego podsystemu remontu techniki czołgowo-samochodowej.

Ocenę systemu remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu dokonano w oparciu o następujące wielkości: obciążenie systemu ρ , parametry: średnia liczba uszkodzonej techniki na stanowiskach remontowych \bar{I} , średnia liczba zgłoszeń uszkodzonej techniki oczekującej na remont \bar{r} , średnia liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie \bar{n} , średni czas oczekiwania w kolejce na remont $\bar{\omega}$, średni czas pobytu zgłoszenia w systemie \bar{q} , średni czas remontu $\bar{\tau}$ oraz prawdopodobieństwa wykonania remontu, a także prawdopodobieństwa jego odmowy.

W zależności od możliwości systemu przy określonej intensywności strumienia uszkodzeń obliczono obciążenie systemu remontu pierwszego stopnia techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu dla każdego badanego wariantu. Analiza obliczonych wartości obciążeń systemu remontu wskazuje, że jest on wysoce

niestabilny. Prawdopodobieństwo kolejki w każdym podsystemie remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu rośnie nawet przy nominalnych możliwościach remontowych wynoszących 100%. Upoważnia to do wysunięcia wniosku, że badany system remontu będzie wymagał wzmocnienia potencjałem mobilnym lub stacjonarnym.

Obliczone parametry charakteryzują badane systemy remontu, prawdopodobieństwa odmowy wykonania remontu, prawdopodobieństwa przeprowadzenia remontu, sporządzane na ich podstawie oceny wskazują, że system remontu techniki czołgowo-samochodowej BZ w natarciu nie jest autonomiczny, to znaczy nie jest dostosowany do wielkości strumienia bardzo małych uszkodzeń, które podlegają remontowi pierwszego stopnia (R1). Wraz ze spadkiem możliwości remontowych niedostosowanie się zwiększa.

Reasumując, przeprowadzone analizy i oceny wskazują, że system remontu BZ w natarciu nie jest w stanie spełnić wymagań wojsk. W każdym z rozpatrywanych przypadków system remontu techniki lądowej będzie wymagał wzmocnienia potencjałem mobilnym, stacjonarnym lub określoną ich kombinacją.

Artykuł wpłynął do redakcji 9.11.2010 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w grudniu 2010 r.

LITERATURA

- [1] B. FILIPOWICZ, *Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych*, WNT, Warszawa, 1996.
- [2] B. W. GNIEDENKO, I. N. KOWALENKO, *Wstęp do teorii masowej obsługi*, PWN, Warszawa, 1966.
- [3] K. KUKUŁA (red.), *Badania operacyjne w przykładach i zadaniach*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
- [4] W. ONISZCZUK, *Metody modelowania*, Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok, 1995.
- [5] *Poradnik logistyczny do ćwiczeń i treningów sztabowych (związek taktyczny, oddział, pododdział)*, AON, Warszawa, 2008.
- [6] M. BRZEZIŃSKI, *Zabezpieczenie logistyczne oddziałów i pododdziałów wojsk lądowych w działaniach taktycznych*, Sztab Generalny WP, Warszawa, 1999.

M. BRZEZIŃSKI

Model of evaluation of a system of repair military equipment of brigade in military operations

Abstract. The model of the system of repair military equipment of brigade, based on probability processes, is showed. The elaborated model was used for evaluation of the system of repair of military equipment of mechanized brigade in offensive operations. Evaluation of the repair system of military equipment of mechanized brigade in offensive operations was performed.

Keywords: exploitation, repair, equipment, modelling