

Technologie podwójnego zastosowania w logistyce wojskowej i cywilnej. Teoria i praktyka

Marian Brzeziński

Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Model oceny systemu napraw techniki wojskowej podczas eksploatacji w działaniach zbrojnych

*Model of the assessment of the system of repairs
of the military technique during the use in the military action*

W artykule przedstawiono model systemu naprawy techniki wojskowej zbudowany w oparciu o procesy stochastyczne z wykorzystaniem procesów Markowa. Zastosowano opracowany model do oceny systemu napraw techniki wojskowej oddziału w działaniach zbrojnych. Dokonano analizy i oceny systemu naprawy techniki wojskowej oddziału w działaniach zbrojnych.

Słowa kluczowe:

eksploatacja, technika wojskowa, modelowanie.

A model of the system of the reparation for military technology built based on stochastic processes with using Markov processes was described. A model drawn up was used to the evaluation of the system of repairs of the military technique of the branch in the military action. They effected analysis and the assessment of the system of the reparation for the military technology of the branch in the military action.

Key words:

exploitation, military technique, modelling.

Wstęp

W działaniach zbrojnych skutek ekstremalnych warunków eksploatacji oraz oddziaływania środkami ogniowymi przeciwnika następuje zmniejszenie ilości i jakości techniki wojskowej, a tym samym potencjału bojowego wojsk, stąd jego odtworzenie jest bardzo ważnym zagadnieniem. W odtwarzaniu potencjału bojowego wojsk ważną rolę odgrywa naprawa uszkodzonej techniki wojskowej. Analiza potrzeb i ocena możliwości naprawczych jest istotnym problemem teoretycznym i praktycznym. Jego rozwiązanie wymaga opracowania modeli systemu napraw techniki wojskowej oraz określenia charakterystyk, których parametry stanowią podstawę analizy i oceny systemów napraw techniki wojskowej w określonych warunkach przewidywanych działań zbrojnych.

W praktycznej działalności podstawę analizy i oceny systemów napraw techniki wojskowej stanowią modele deterministyczne, nieuwzględniające stochastycznego charakteru powstawania uszkodzeń i realizacji napraw. System napraw techniki wojskowej musi być

przygotowany na maksymalne skrócenie czasu reakcji na potrzeby wojsk, stąd ocena systemu napraw techniki wojskowej dokonywana w czasie rzeczywistym albo w krótkich odcinkach czasu umożliwia zwiększenie jego skuteczności (Brzeziński, 2010, s. 7).

Idea sformułowania problemu badawczego zrodziła się jako odpowiedź na poszukiwanie alternatywnych narzędzi analizy i oceny systemów napraw, w określonych warunkach eksploatacji, dających podstawę do podejmowania decyzji o jego doskonaleniu.

Sz szczególnie istotną rolę odgrywa naprawa techniki uszkodzonej w niewielkim stopniu. Można stosunkowo małym nakładem pracy przy właściwej organizacji napraw, której podstawą jest analiza i ocena systemu napraw, skutecznie usprawnić uszkodzoną technikę.

Celem pracy jest opracowanie modelu oceny systemu napraw podczas eksploatacji w działaniach zbrojnych.

W opracowaniu zastosowano następujące metody badawcze: analiza, synteza, wnioskowanie oraz modelowanie matematyczne w oparciu o teorię kolejek i procesy stochastyczne wykorzystujące procesy Markowa.

Modelowanie oceny systemu napraw techniki wojskowej

Założenia i ograniczenia do budowy modelu

Model oceny systemu napraw techniki wojskowej zbudowano w oparciu o następujące założenia i ograniczenia:

- analizie i ocenie poddano systemy napraw: czołgów, bojowych wozów piechoty, transporterów opancerzonych oraz samochodów transportowych oddziału;
- stan ilościowy techniki wojskowej oddziału oraz prognozowane dobowe liczby uszkodzeń i zniszczeń oraz ich strukturę przyjęto takie same jak w ćwiczeniach i treningach sztabowych;
- w systemie wykonywane są naprawy o pracochłonności od 16 do 40 rbh (roboczogodzin), a czas trwania nie przekracza 12 godzin;
- liczba analizowanych i ocenianych wariantów systemu wynosi 6 i wynika z przyjętych możliwości naprawczych systemu wynoszących: 100, 90, 80, 60 i 50%;
- model systemu naprawczego jest procesem markowskim, a jego stan określa liczba zgłoszeń do systemu;
- liczba miejsc w kolejce ograniczona jest dobowymi możliwościami naprawczymi systemu.

Analiza systemu napraw techniki oddziału w działaniach zbrojnych

System napraw techniki oddziału w działaniach zbrojnych przeznaczony jest do wykonywania napraw, których pracochłonność wynosi od 16 do 40 rbh, a czas trwania nie przekracza 12 godzin. Stan ilościowy techniki oddziału oraz dobowe zniszczenia i uszkodzenia zakwalifikowane do napraw o pracochłonności od 16 do 40 rbh w działaniach zbrojnych przedstawiono w tabeli 1.

Oszacowane wskaźniki rozkładu uszkodzeń oraz ich liczbę napływającą do systemu napraw o pracochłonności od 16 do 40 rbh w poszczególnych etapach działań zbrojnych przedstawiono w tabeli 2.

System napraw techniki wojskowej w działaniach zbrojnych będzie rozumiany jako celowo zorganizowany zbiór podsystemów remontu czołgów, bojowych wozów piechoty, transporterów opancerzonych i samochodów transportowych oraz relacje między nimi i otoczeniem, a jego celem jest odtwarzanie stanu zdadności techniki wojskowej.

$$SNTW = \langle PNCz, PNBWP, PNTOiSO, PNST, R \rangle$$

gdzie:

- SNTW* — system naprawy techniki wojskowej;
- PNCz* — podsystem naprawy czołgów;
- PNBWP* — podsystem naprawy bojowych wozów piechoty;
- PNTOiSO* — podsystem naprawy transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych;
- PNST* — podsystem naprawy samochodów transportowych;
- R* — zbiór relacji fizycznych i informacyjnych.

Elementem każdego z podsystemów napraw jest zbiór stanowisk naprawczych *s*:

- *s_{CZ}* — stanowiska naprawcze czołgów;
- *s_{BWP}* — stanowiska naprawcze bojowych wozów piechoty;
- *s_{TOiSO}* — stanowiska naprawcze transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych;
- *s_{ST}* — stanowiska naprawcze samochodów transportowych.

Możliwości naprawcze systemu zależne są głównie od ukończenia w środku naprawcze oraz liczby pracowników produkcyjnych. W niniejszej analizie przyjęto, że możliwości naprawcze zależą od liczby

Tabela 1

Stan ilościowy oraz dobowe zniszczenia i uszkodzenia zakwalifikowane do napraw o pracochłonności od 16 do 40 rbh w działaniach zbrojnych

| Podsystem napraw | Stan wyjściowy | Dobowe uszkodzenia i zniszczenia | | | |
|--|----------------|----------------------------------|--------|---|--------|
| | | ogólnie | | uszkodzenia zakwalifikowane do napraw o pracochłonności od 16 do 40 rbh | |
| | | % | liczba | % | liczba |
| Czołgi | 58 | 28 | 17 | 19 | 4 |
| Bojowe wozy piechoty | 174 | 29 | 51 | 24 | 13 |
| Transportery opancerzone i samochody opancerzone | 62 | 16 | 10 | 20 | 2 |
| Samochody transportowe | 880 | 11 | 97 | 15 | 15 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Szacunkowe wskaźniki rozkładu uszkodzeń oraz ich liczba wpływająca do systemu napraw o pracochłonności od 16 do 40 rbh w działaniach zbrojnych

| Etap działań zbrojnych | Wskaźnik rozkładu strat techniki wojskowej | Strumień uszkodzeń wymagających naprawy o pracochłonności od 16 do 40 rbh | | | |
|--|--|---|----------------------|--|------------------------|
| | | czołgi | bojowe wozy piechoty | Transportery opancerzone i samochody opancerzone | Samochody transportowe |
| Walka w rejonie sił przesłaniania | 0,2 | 1 | 3 | - | 3 |
| Walka na pierwszej pozycji obrony | 0,45 | 2 | 6 | 1 | 7 |
| Walka pomiędzy pierwszą a drugą pozycją obrony | 0,1 | - | 1 | - | 2 |
| Walka na drugiej pozycji obrony | 0,25 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| Razem | 1 | 4 | 13 | 2 | 15 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3

Liczba stanowisk naprawczych systemu napraw techniki wojskowej oddziału

| Podsystem napraw | Możliwości naprawcze systemu w % | | | | | |
|------------------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| | Liczba stanowisk naprawczych systemu | | | | | |
| PNCz | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| PNBWP | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| PNTiISO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| PNST | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |

Źródło: Brzeziński, 2010, s. 89.

stanowisk naprawczych. Liczbę stanowisk naprawczych dla rozważanego systemu napraw przedstawiono w tabeli 3.

Nominalne możliwości naprawcze systemu napraw techniki wojskowej oddziału o pracochłonności od 16 do 40 rbh przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Nominalne możliwości systemu napraw oddziału

| Technika wojskowa | Liczba (szt.) |
|-------------------|---------------|
| Czołgi | 5 |
| BWP | 5 |
| TO kołowe | 3 |
| Samochody | 6 |

Źródło: opracowanie własne.

Wejście do systemu napraw stanowią strumienie uszkodzonej techniki wojskowej w działaniach zbrojnych wymagającej naprawy o pracochłonności od 16 do 40 rbh, których intensywność oznaczona została przez λ , która jest sumą intensywności strumieni:

- λ_{CZ} — czołgów;
- λ_{BWP} — bojowych wozów piechoty;
- λ_{TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych;
- λ_{ST} — samochodów transportowych.

Wyjście systemu stanowi strumień naprawionej techniki wojskowej, której intensywność oznaczono przez μ , która jest sumą intensywności napraw:

- μ_{CZ} — czołgów;
- μ_{BWP} — bojowych wozów piechoty;
- μ_{TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych;
- μ_{ST} — samochodów transportowych.

Tabela 5

Wartości intensywności strumieni napraw techniki wojskowej oddziału w działaniach zbrojnych

| Podsystem napraw | Wartość strumieni uszkodzeń | Możliwości naprawcze systemu | | | | | |
|------------------|-----------------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | wariant 1 100% | wariant 2 90% | wariant 3 80% | wariant 4 70% | wariant 5 60% | wariant 6 50% |
| | | Wartość intensywności strumieni napraw μ | | | | | |
| PNCz | 0,240 | 0,156 | 0,141 | 0,125 | 0,109 | 0,094 | 0,078 |
| PNBWP | 0,780 | 0,167 | 0,150 | 0,133 | 0,117 | 0,100 | 0,083 |
| PNTOiSO | 0,120 | 0,113 | 0,101 | 0,090 | 0,079 | 0,068 | 0,056 |
| PNST | 0,900 | 0,200 | 0,180 | 0,160 | 0,140 | 0,120 | 0,100 |

Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę przyjęte prognozowane dobowe liczby uszkodzeń techniki wojskowej oddziału o pracochłonności od 16 do 40 rbh oraz możliwości naprawcze w działaniach zbrojnych, obliczono intensywność strumieni wejściowych λ i wyjściowych μ dla rozpatrywanych wariantów systemu napraw techniki wojskowej, a wyniki przedstawiono w tabeli 5.

Model oceny systemu napraw techniki wojskowej w działaniach zbrojnych

Charakterystyki systemu napraw techniki wojskowej

Do oceny systemu napraw techniki wojskowej służą jego charakterystyki, które można opisać poprzez zbiór parametrów. Podstawowymi parametrami oceny systemu napraw techniki wojskowej są:

- prawdopodobieństwo naprawy p_n ,
- prawdopodobieństwo straty p_{sn} ,
- obciążenie systemu ρ ,
- średnia liczba uszkodzonej techniki na stanowiskach \bar{l} ,
- średnia liczba zgłoszeń uszkodzonej techniki oczekująca na naprawę \bar{r} ,
- średnia liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie \bar{n} ,
- średni czas oczekiwania w kolejce na naprawę $\bar{\omega}$,
- średni czas pobytu zgłoszenia w systemie \bar{q} ,
- średni czas naprawy $\bar{\tau}$.

Model systemu napraw techniki wojskowej przedstawiono na rysunku 1.

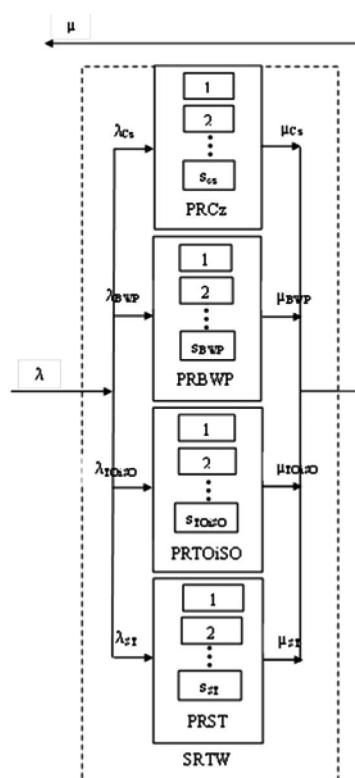
Zależnie od liczby stanowisk naprawczych każdy podsystem napraw może znajdować się w określonych stanach:

- S_0 — brak zgłoszeń do naprawy;
- S_1 — jeden uszkodzony obiekt na stanowisku naprawczym
- S_s — wszystkie stanowiska naprawcze są zajęte i każdy uszkodzony obiekt jest dla systemu tracony.

Liczbę stanów, w jakich znajdują się poszczególne podsystemy napraw techniki wojskowej przedstawiono w tabeli 6.

Rysunek 1

Model systemu naprawy techniki wojskowej



SRTW: λ — intensywność strumienia bardzo małych uszkodzeń; λ_{cz} — czołgów; λ_{BWP} — bojowych wozów piechoty; λ_{TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych; λ_{ST} — samochodów transportowych; S_{cz} , S_{BWP} , S_{TOiSO} , S_{ST} — liczba stanowisk naprawczych: czołgów, bojowych wozów piechoty, transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych i samochodów transportowych; μ — intensywność strumienia napraw: μ_{cz} — czołgów, μ_{BWP} — bojowych wozów piechoty, μ_{TOiSO} — transporterów opancerzonych i samochodów opancerzonych, μ_{ST} — samochodów transportowych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Brzeziński, 2010, s. 91.

Tabela 6

Liczba stanów systemu napraw techniki wojskowej

| Podsystem napraw | Możliwości naprawcze systemu w % | | | | | |
|------------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|
| | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| | Liczba stanów podsystemu | | | | | |
| PNCz | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| PNBWP | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| PNT0iSO | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PNST | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Brzeziński, 2010, s. 92.

W zależności od możliwości systemu napraw techniki wojskowej przy stałej intensywności strumienia uszkodzeń można ocenić obciążenie systemu dla każ-

dego rozpatrywanego wariantu. Obciążenie systemu napraw pierwszego stopnia techniki wojskowej o pracochłonności od 16 do 40 rbh przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7

Obciążenie systemu napraw techniki wojskowej o pracochłonności od 16 do 40 rbh

| Podsystem napraw | Możliwości naprawcze systemu | | | | | |
|------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | wariant 1 100% | wariant 2 90% | wariant 3 80% | wariant 4 70% | wariant 5 60% | wariant 6 50% |
| | obciążenie systemu ρ_1 | | | | | |
| PNCz | 1,536 | 1,707 | 1,920 | 2,194 | 2,560 | 3,072 |
| PNBWP | 4,680 | 5,200 | 5,850 | 6,686 | 7,800 | 9,360 |
| PNT0iSO | 1,067 | 1,185 | 1,333 | 1,524 | 1,778 | 2,133 |
| PNST | 4,500 | 5,000 | 5,625 | 6,429 | 7,500 | 9,000 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8

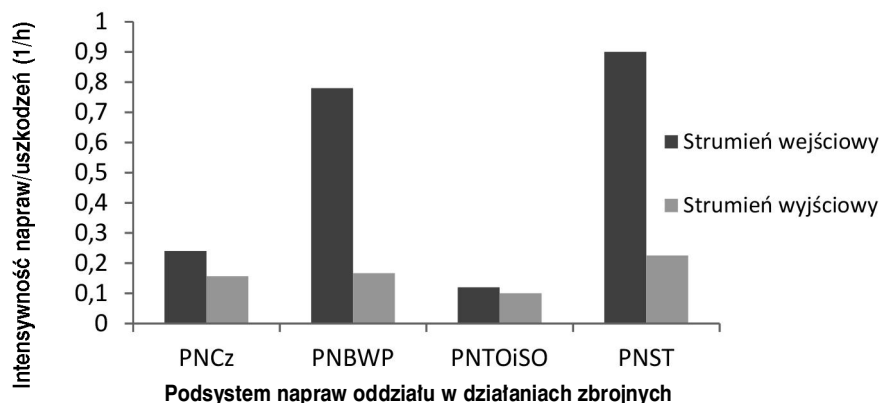
Wartości prawdopodobieństwa naprawy oraz straty dla poszczególnych wariantów, a także pozostałe parametry systemu

| Podsystem napraw | λ_1 | μ_1 | Liczba stanowisk naprawczych h | Możliwości naprawcze [%] | Prawdopodobieństwo | | Parametry systemu | | | | | |
|------------------|-------------|---------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------------|---------------|---------------|
| | | | | | Naprawy zgłoszenia | Straty zgłoszenia | \bar{l} | \bar{r} | \bar{n} | $\bar{\omega}$ [h] | \bar{q} [h] | \bar{c} [h] |
| PRCz | 0,24 | 0,156 | 2 | 100 | 0,394 | 0,606 | 1,249 | 0,084 | 1,133 | 0,350 | 4,722 | 4,372 |
| PRBWP | 0,78 | 0,167 | 3 | 100 | 0,176 | 0,824 | 2,307 | 0,613 | 2,920 | 0,796 | 3,744 | 2,958 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,1 | 1 | 100 | 0,455 | 0,545 | 0,545 | 0,020 | 0,565 | 0,167 | 4,712 | 4,545 |
| PRST | 0,9 | 0,225 | 5 | 100 | 0,200 | 0,800 | 4,090 | 0,675 | 4,765 | 0,750 | 5,295 | 4,545 |
| PRCz | 0,24 | 0,141 | 2 | 90 | 0,370 | 0,630 | 1,398 | 0,099 | 1,207 | 0,413 | 5,030 | 4,617 |
| PRBWP | 0,78 | 0,15 | 3 | 90 | 0,161 | 0,839 | 2,376 | 0,630 | 3,006 | 0,808 | 3,854 | 3,047 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,09 | 1 | 90 | 0,429 | 0,571 | 0,571 | 0,030 | 0,601 | 0,250 | 5,012 | 4,762 |
| PRST | 0,9 | 0,203 | 5 | 90 | 0,184 | 0,816 | 4,712 | 0,697 | 5,409 | 0,774 | 6,010 | 5,235 |
| PRCz | 0,24 | 0,125 | 2 | 80 | 0,342 | 0,658 | 1,437 | 0,115 | 1,292 | 0,479 | 5,383 | 4,904 |
| PRBWP | 0,78 | 0,133 | 3 | 80 | 0,146 | 0,854 | 2,447 | 0,647 | 3,094 | 0,829 | 3,966 | 3,137 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,08 | 1 | 80 | 0,400 | 0,600 | 0,600 | 0,040 | 0,640 | 0,333 | 5,333 | 5,000 |
| PRST | 0,9 | 0,18 | 4 | 80 | 0,167 | 0,833 | 3,408 | 0,720 | 4,128 | 0,800 | 4,587 | 3,787 |
| PRCz | 0,24 | 0,109 | 2 | 70 | 0,312 | 0,688 | 1,453 | 0,131 | 1,384 | 0,546 | 5,767 | 5,221 |
| PRBWP | 0,78 | 0,117 | 2 | 70 | 0,130 | 0,870 | 1,710 | 0,663 | 2,373 | 0,850 | 3,042 | 2,192 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,07 | 1 | 70 | 0,368 | 0,632 | 0,632 | 0,050 | 0,682 | 0,417 | 5,680 | 5,263 |
| PRST | 0,9 | 0,158 | 4 | 70 | 0,149 | 0,851 | 3,546 | 0,742 | 3,888 | 0,824 | 4,320 | 3,496 |
| PRCz | 0,24 | 0,094 | 2 | 60 | 0,281 | 0,719 | 1,578 | 0,146 | 1,624 | 0,608 | 6,768 | 6,160 |
| PRBWP | 0,78 | 0,1 | 2 | 60 | 0,114 | 0,886 | 1,750 | 0,680 | 2,430 | 0,872 | 3,116 | 2,244 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,06 | 1 | 60 | 0,333 | 0,667 | 0,667 | 0,060 | 0,727 | 0,500 | 6,056 | 5,556 |
| PRST | 0,9 | 0,135 | 3 | 60 | 0,130 | 0,870 | 2,524 | 0,765 | 3,291 | 0,850 | 3,657 | 2,807 |
| PRCz | 0,24 | 0,078 | 1 | 50 | 0,245 | 0,755 | 0,755 | 0,162 | 0,917 | 0,675 | 3,820 | 3,145 |
| PRBWP | 0,78 | 0,083 | 2 | 50 | 0,096 | 0,904 | 1,791 | 0,697 | 2,488 | 0,894 | 3,190 | 2,296 |
| PRTOiSO | 0,12 | 0,05 | 1 | 50 | 0,294 | 0,706 | 0,706 | 0,070 | 0,776 | 0,583 | 6,466 | 5,882 |
| PRST | 0,9 | 0,113 | 3 | 50 | 0,112 | 0,888 | 2,602 | 0,787 | 3,389 | 0,874 | 3,766 | 2,892 |

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2

Wielkości strumieni wejściowych i wyjściowych systemu napraw oddziału w działaniach zbrojnych



Źródło: opracowanie własne.

Wartości prawdopodobieństwa naprawy oraz straty dla poszczególnych wariantów, a także pozostałe parametry systemu przedstawiono w tabeli 8.

Analiza strumieni wejściowych i wyjściowych podsystemów

Oceny możliwości systemu napraw można dokonać poprzez analizę strumienia wchodzącego do systemu, czyli uszkodzeń kwalifikujących się do naprawy, oraz strumienia wychodzącego, czyli obsłużonych zgłoszeń. Wielkości tych strumieni zostały przedstawione na rysunku 2.

Analiza strumieni wchodzących i wychodzących z systemu polega na porównaniu ich wielkości. Dopóki strumień wyjściowy jest większy od wejściowego, liczba zgłoszeń obsłużonych przez system jest większa od liczby zgłoszeń odrzuconych. Jak widać na wykresie, we wszystkich przypadkach strumień wejściowy jest znacznie większy od strumienia wyjściowego. Sugeruje to, że w systemie napraw techniki wojskowej oddziału w działaniach zbrojnych o pracochłonności od 16 do 40 rbh należy wprowadzić zmiany w postaci jego wzmocnienia potencjałem naprawczym mobilnym lub stacjonarnym.

Wykonanie wszystkich napraw techniki wojskowej o pracochłonności od 16 do 40 rbh po dniu działań zbrojnych będzie możliwe poprzez zorganizowanie dodatkowych stanowisk naprawczych w podsystemach naprawy: czołgów — 2, bojowych wozów piechoty — 11, transporterów opancerzonych i pojazdów opancerzonych — 1, samochodów transportowych — 15.

Analiza obciążenia podsystemów naprawczych

Jednym ze sposobów oceny systemu napraw techniki wojskowej w działaniach zbrojnych jest

analiza obciążeń jego podsystemów w zależności od ich możliwości. Obciążenie informuje, ile uszkodzonych obiektów techniki wojskowej skierowanych do naprawy przypada na każde stanowisko naprawcze w danej chwili. Dobrze jest, kiedy wartość obciążenia podsystemu ma wartość nie większą niż jeden. Obciążenie podsystemu równe 1 oznacza, że jego stanowiska naprawcze pracują bez przerwy i od razu po wykonaniu zadania każde stanowisko naprawcze otrzymuje kolejne zadanie. Obciążenia poszczególnych podsystemów przedstawiono na rysunku 3.

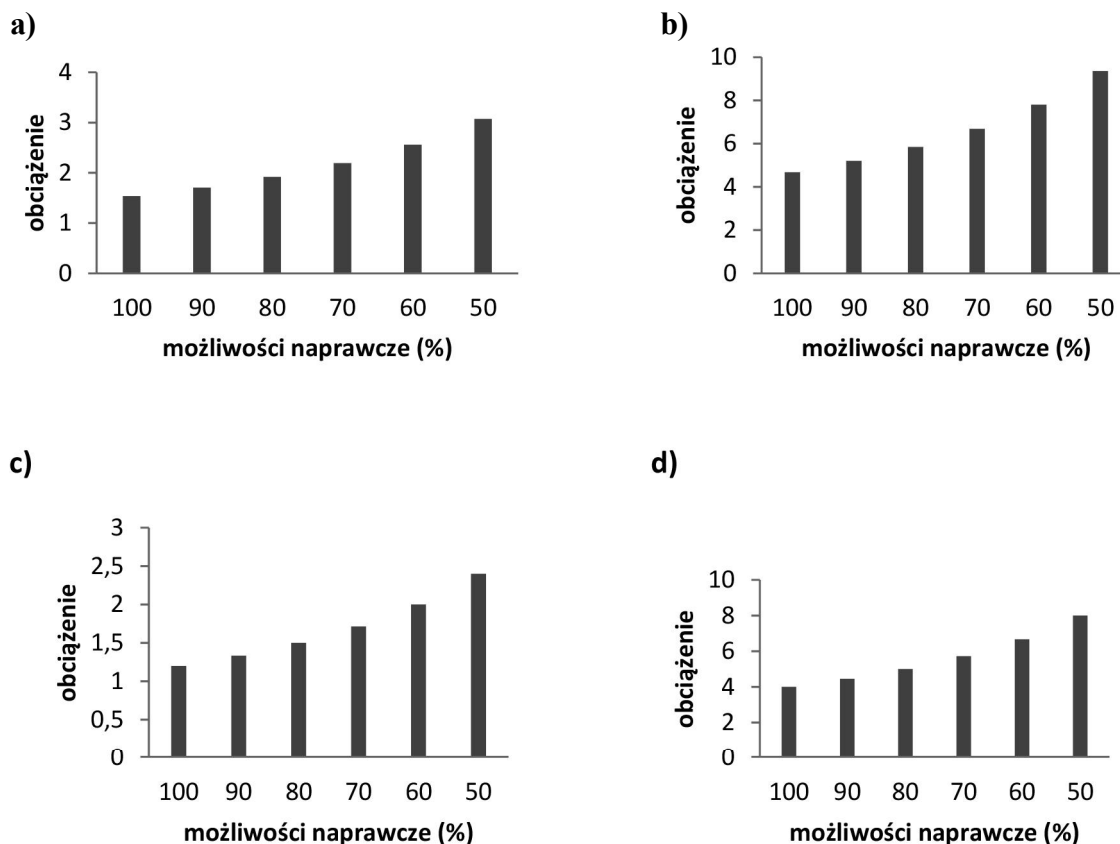
Wartości obciążeń wskazują, że system jest wysoce niestabilny. W każdym przypadku obciążenie systemu ma wartość większą niż 1, co w praktyce oznacza, że stanowiska naprawcze, mimo iż będą pracowały bez przerwy, nie będą w stanie obsłużyć wszystkich zgłoszeń, ponieważ średni czas obsługi będzie znacznie większy niż średni odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi zgłoszeniami. Spadek możliwości systemu napraw powoduje dalszy wzrost niestabilności układu. Sugeruje to, że w systemie napraw techniki wojskowej o pracochłonności od 16 do 40 rbh w oddziale w działaniach zbrojnych należy wprowadzić zmiany w postaci jego wzmocnienia potencjałem naprawczym mobilnym lub stacjonarnym.

Analiza prawdopodobieństwa straty oraz prawdopodobieństwa obsługi zgłoszenia

Następnym parametrem określającym podsystemy jest prawdopodobieństwo straty zgłoszenia. Należy zwrócić uwagę, przy jakich możliwościach podsystemów prawdopodobieństwo straty przewyższa 0,5, ponieważ powyżej tej wartości bardziej możli-

Rysunek 3

Obciążenia podsystemów remontowych: a) czołgów, b) bojowych wozów piechoty, c) transporterów opancerzonych i pojazdów opancerzonych, d) samochodów transportowych



Źródło: opracowanie własne.

we jest, że system odrzuci zgłoszenie, niż że je obsłuży. Prawdopodobieństwo obsługi zgłoszenia wraz z prawdopodobieństwem straty dają sumę równą 1. Oznacza to, że jeśli prawdopodobieństwo straty wzrośnie o określoną wartość, to prawdopodobieństwo obsługi wzrośnie o tę wartość. Jeśli prawdopodobieństwa są sobie równe, to szansa wykonania zadania jest taka sama jak szansa, że zgłoszenie zostanie odrzucone. Jednak to, że jedno z prawdopodobieństw jest większe od drugiego, nie wskazuje, czy na pewno zgłoszenie zostanie obsłużone, czy nie. Wartości prawdopodobieństwa straty oraz prawdopodobieństwa naprawy przedstawiono na rysunku 4.

W każdym z rozważanych wariantów prawdopodobieństwo straty zgłoszenia jest wyższe od prawdopodobieństwa wykonania naprawy. Przy danej intensywności strumienia uszkodzeń prawdopodobieństwo straty jest wysokie i wynosi dla każdego podsystemu od około 0,51 do 0,91 w zależności od możliwości naprawczych i rośnie wraz z ich spadkiem. Analiza obliczanych prawdopodobieństw potwierdza wniosek o konieczności wzmocnienia systemu napraw pierwszego stopnia (R1) techniki czołgowo-samochodowej BZ w obronie.

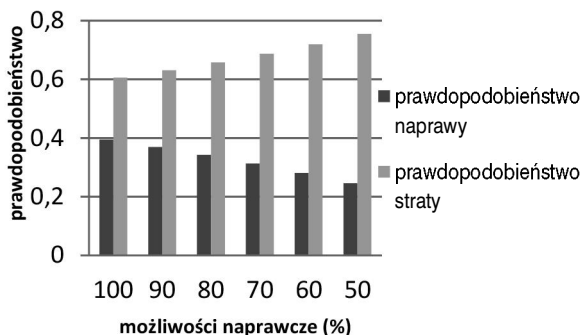
Podsumowanie

Identyfikacja stanu zagadnienia modelowania systemu napraw techniki wojskowej w działaniach militarnych wykazała, że inni autorzy nie podjęli problemu modelowania systemu napraw w oparciu o teorię procesów stochastycznych i wykorzystanie modeli Markowa. W istniejących opracowaniach teoretycznych i zastosowaniach praktycznych prezentowane są modele deterministyczne systemu napraw techniki wojskowej. Stosowane modele deterministyczne wykorzystywane są do analizy i oceny systemu napraw techniki wojskowej. W wymiarze dobowym są zatem modelami prognostycznymi. Ponieważ uszkodzenia techniki wojskowej podczas użytkowania w działaniach militarnych mają charakter losowy, dlatego w ocenie autora do analizy i oceny należy stosować modele stochastyczne. W porównaniu z modelami deterministycznymi odwzorowują one w wyższym stopniu rzeczywiste systemy napraw funkcjonujących w działaniach militarnych. Mogą one także znaleźć zastosowanie do zarządzania warsztatami naprawczymi w systemach cywilnych. Za pomocą modeli stochastycznych można określić zachowanie się systemu napraw w zależności od czasu oraz występowania zja-

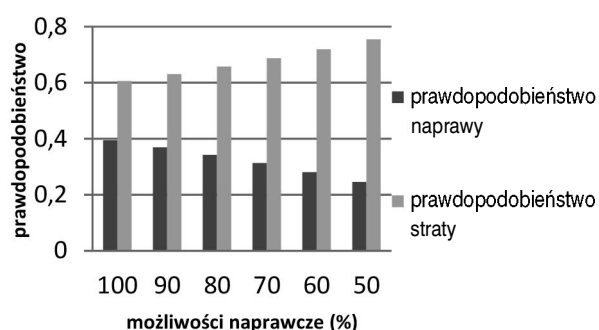
Rysunek 4

Prawdopodobieństwa straty oraz prawdopodobieństwa naprawy: a) czołgów, b) bojowych wozów piechoty, c) transporterów opancerzonych i pojazdów opancerzonych, d) samochodów transportowych

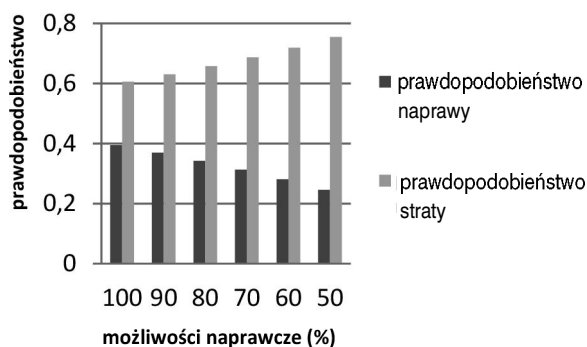
a)



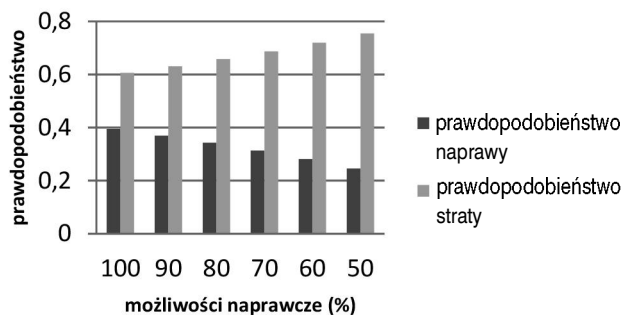
b)



c)



d)



Źródło: opracowanie własne.

wisk losowych. Umożliwiają one prowadzenie bieżących analiz i ocen systemu napraw, co daje podstawę do zmiany organizacji napraw w zależności od uwa-

runkowań wewnętrznych i zewnętrznych, a więc przede wszystkim zmiany intensywności strumieni uszkodzonej techniki oraz możliwości naprawczych.

Bibliografia

- Brzeziński, M. (2010). *Modelowanie systemu remontu techniki wojsk lądowych*. Warszawa.
- Oniszczuk, W. (1995). *Metody modelowania* (49–55). Białystok: Wydawnictwo Politechniki Białostockiej.
- Tilokavichai, V., Sophatsathil, P., Chamdrachai, A. (2012). Innovatice Logistics Management under Uncertainty using Markov Model. *Information and Knowledge Management*, 2(5).

Zapraszamy na naszą stronę internetową

www.gmil.pl

