

## SYSTEM GOSPODAROWANIA AMUNICJĄ I JEJ ELEMENTAMI

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono analizę gospodarowania zasobami amunicji i jej elementami. Pozwala ona na kompleksowe ujęcie, a więc całościowe rozpatrzenie zagadnień dotyczących magazynowania, zużywania, gromadzenia, naprawy i likwidacji zasobów amunicji. Główny problem podczas eksploatacji środków bojowych to racjonalne gospodarowanie (sterowanie) tymi zasobami poprzez wybór najlepszych decyzji o ich zużywananiu, uzupełnianiu ze względu na minimalizowanie nakładów i odpowiedni poziom zasobów amunicji zapewniających gotowość bojową.

Określono także sposób sterowania zapasami bloków (elementów) amunicji w celu prawidłowej realizacji procesów naprawczych amunicji. Rozpatrzono zbiór zasobów w całej ich złożoności w postaci struktury asortymentowej i wiekowej, co jest istotne z punktu widzenia dbałości o jej właściwy stan jakościowy. Ma to na celu sygnalizowanie o usuwaniu we właściwym czasie części zbioru o złej jakości tj. niebezpiecznych i zawodnych w działaniu.

Przy dłuższym horyzoncie planowania gospodarką magazynowanymi zasobami bloków (elementów) ważne jest ustalenie poziomu początkowego a także wpływanie na ich poziom końcowy. W rozpatrywanym systemie zasoby amunicji przedstawiają znaczny majątek, stąd każda trafna decyzja ma duże znaczenie gospodarcze. Można przyjąć, że przedstawiony system zwiększa poziom jakości zbioru składowanych partii amunicji.

Słowa kluczowe: amunicja, magazynowanie, zużycie, gromadzenie, naprawa, likwidacja, zasoby amunicji.

## ECONOMY SYSTEM OF AMMUNITION AND ITS ELEMENTS

**Abstract:** In the paper an analysis of managing supplies of ammunition and its elements is presented. It deals with general questions related to storing, using, accumulating, repairing and liquidating supplies of ammunition. The main problem during the exploitation of combat assets is to manage (control) these supplies rationally through taking the best decisions about their use and replenishing at minimum levels of expenditures and a suitable level of ammunitions supplies assuring battle readiness. There was also defined the way of controlling the blocks of ammunition (elements) stores in order to realize correctly the ammunitions repair processes. There was considered a set of the whole complex inventory in the form of the assortment and age structure, what is essential for its proper qualitative state. It is aimed to signal the removal in the proper time the parts of sets with bad quality e.g. dangerous and unreliable. In the longer horizon of planning the management of stored block (elements) inventory is important to settle the initial level and also the influence on the final level. The inventory of ammunition represents considerable property in the system under consideration and every accurate decision has a large economic meaning. It can be assumed that the introduced system increases the quality level of the set of stored ammunition lots.

Keywords: ammunition, store, use, accumulate, repair, liquidate, supplies of ammunition.

## 1. Wstęp

Rozważany cały podzbiór gospodarowanej amunicji „A” [1] zawiera określone rodzaje amunicji „R”. Wyznaczone ze zbiorów „R” rodzajów i „K” typów amunicji o strukturach niezawodnościowych szeregowych  $K_s$ , równoległych  $K_r$  i mieszanych  $K_m$  rodzaje napraw: naprawy średnie „N<sub>s</sub>” i naprawy zakładowe „N<sub>z</sub>”, wymagają przyporządkowania bloków, elementów i całych partii do realizacji procesów naprawczych i utrzymania wymaganych poziomów wskaźników gotowości technicznej  $W(u, t)$ ,  $Z(u, t)$  i  $S(u, t)$ . W procesie gospodarowania potrzebami naprawczymi, mamy do czynienia z występowaniem potrzeb dwójakiego rodzaju:

- zaspokojenie przewidywanych (prognostycznych) potrzeb amunicji magazynowanej, która nie podlega badaniom diagnostycznym;
- zaspokojenie potrzeb zakładów naprawczych amunicji, która skierowana jest do naprawy średniej lub zakładowej.

Liczność bloków (elementów) i całych partii do wymian, powinna być odpowiednio magazynowana i dostarczana zakładom naprawczym, stąd ważne staje się zagadnienie gospodarki magazynowej. Gospodarka ta dotyczy zarówno przechowywania zasobów bloków rezerwowych (prognostycznych), jak również ich dystrybucji z uwzględnieniem potrzeb zakładów naprawczych w określonych przedziałach czasu.

## 2. Prognoza potrzeb bloków naprawczych dla magazynowanej amunicji

W magazynie jako głównym ogniwie zaopatrywania powinny występować takie zasoby bloków rezerwowych, które pokryją prognozy napraw średnich i zakładowych. Rozważa się zatem prognozy zakładów naprawczych (składnic), zaopatrujących się w konkretne bloki amunicji  $b_{\phi}$ , określonego kalibru (typu) amunicji  $k_v$  w danym magazynie. Z konkretnym blokiem  $b_{\phi(r)}$  amunicji, oznaczającym np. zapalnik w kalibrze (typie) amunicji  $k_v$ , w rodzaju  $r_{\alpha(z)}$ , związany jest okres kalendarzowy magazynowania np. okres pięciu lat, w którym przewiduje się utrzymywanie zapasów bloku  $b_{\phi}$ . Okres ten opisany jest zależnością:

$${}_d \tau(b_{\phi(r)}(k_v(r_{\alpha(z)}))) \quad (1)$$

Dla okresu (1) przyporządkowuje się zbiór  $Z_{b_j}$  partii amunicji określonego typu zawierających dany blok, w których prognozowane są wymiany tego bloku. Zbiór  $Z_{b_j}$  zawiera typy amunicji  $k_v$  przewidziane do naprawy, w których występuje blok  $b_j$  podlegający wymianie w r-tej operacji wymian naprawczych, opisany jest on zależnością:

$$Z_{b_j} = \{ k_v(r_{\alpha(z)}) : \vee b_{\phi(r)}(k_v(r_{\alpha(z)})) = b_j \} \quad (2)$$

Oznacza to, że dla określonego typu amunicji  $k_v$ , istnieje przyporządkowanie bloku  $b_j$  potrzebnego do przeprowadzenia naprawy określonego typu. Opis zbioru zasobów amunicji postaci (2) wykorzystywany jest w prognozowaniu gospodarki magazynowej rezerwowych bloków w zakładach naprawczych. W prognozie tej uwzględnia się zazwyczaj okresy pięcioletnie  ${}_{\pi} \tau$  magazynowania zasobów amunicji. Okresy pięcioletnie stanowią sumę rocznych okresów, a cała pięcioletka opisana jest zależnością:

$${}_{\pi} \tau = \sum ({}_{\pi} t_{x-1}, {}_{\pi} t_x) \quad (3)$$

gdzie:  ${}_{\pi} t_x$  - data końca x-tego roku  $\pi$ -tej pięcioletki.

W każdym więc x-tym roku  $\pi$ -tej pięcioletki na podstawie kalendarzowego czasu magazynowania amunicji ustala się okresy magazynowania (1) oraz prognozuje się wymiany bloku  $b_j \in B_w$  w tym dystrybucję tych bloków amunicji na potrzeby realizacji wymian

naprawczych. Okresy magazynowania w których powinny być zgromadzone niezbędne licznosci rezerwowych bloków amunicji na potrzeby realizacji wymian naprawczych, opisane są zależnością:

$${}_{p,\pi}\tau_x = \left\{ \tau(b_{\phi(r)}): (k_v(r_{\alpha(z)}) \in \cup Z_{b_j}) \cap \tau(b_{\phi(r)}) \in ({}_{\pi}t_{x-1}, {}_{\pi}t_x) \right\} \quad (4)$$

$$b_j \in B_w$$

Z opisu (4) wynika, że zasoby amunicji, dla których wyznaczane są zasoby rezerwowych bloków, należą do zbioru  $Z_{b_j}$ , natomiast okresy  $\tau(b_{\phi(r)})$  są częścią składową pięcioletniego okresu prognozowania (3).

Z uwagi na to, że potrzeby naprawcze obejmują wytypowane zbiory amunicji, dla każdego rodzaju amunicji należy przyporządkować określony rodzaj bloków rezerwowych, należy zatem przeprowadzić prace porządkujące.

Elementy zbioru okresów, przed którymi prognozuje się wymiany naprawcze bloków w x-tym roku  $\pi$ -tej pięcioletki:

$${}_d\tau(b_{\phi(r)}(k_v(r_{\alpha(z)}))) \in ({}_{\pi}t_{x-1}, {}_{\pi}t_x); \quad k_v(r_{\alpha(z)}) \in K_z \quad (5)$$

porządkuje się w ciąg:

$$\{ {}_{p,\pi}\tau_{x,g} \} \quad (6)$$

zgodnie z relacją:

$${}_d\tau(b_{\phi(r)}({}_{g-1}k_v)) \chi_d \tau(b_{\phi(r)}({}_gk_v)) \chi_d \tau(b_{\phi(r)}({}_{g+1}k_v)) \quad (7)$$

gdzie:  $\phi(r) \in \{1, \dots, l_r\}$

co oznacza, że przyporządkowuje się bloki i okresy wymian naprawczych w kolejności hierarchicznej prognozowanych wymian.

W procesie magazynowania występują przypadki, kiedy istnieją zróżnicowane pary wymagające zabezpieczenia naprawczego. Tak więc jeżeli w zasobach amunicji występują różne pary: partia amunicji określonego typu  $k_v(r_{\alpha(z)})$  oraz numer  $\phi(r)$  bloku  $b_{\phi(r)}$  wymienionego w r-tej wymianie, odpowiadającej tej samej wartości  ${}_d\tau \in {}_{p,\pi}\tau_{x,g}$  ciągu monotonicznego (6), to każdej wartości  ${}_{p,\pi}\tau_{x,g}$  tego ciągu należy przyporządkować tabelaryczne takie pary:  $(k_v, \phi(r))$ , wskazując w nich odpowiednie bloki nie spełniające warunków poprawnego magazynowania. Bloki te należy zastąpić blokami nowymi ( bądź przygotować do wymiany ) przed chwilą  ${}_{p,\pi}\tau_{x,g}$  - zgodnie z tabelą 1.

Zbiór bloków amunicji prognozowanych do wymiany naprawczej przed chwilą  ${}_{p,\pi}\tau_{x,g}$  wyrażony jest w postaci:

$$B_{w,\pi}\tau_{x,g} = \{ b_{\phi(r)} : \tau(b_{\phi(r)}) = {}_{p,\pi}\tau_{x,g} \} \quad (8)$$

przy czym zbiór typów amunicji, w której prognozuje się wymiany bloków amunicji opisany jest zależnością:

$$B_{w,\pi}\tau_{x,g} \in \{ k_v : b_{\phi(r)} \} = K_{w,p,\pi}\tau_{x,g} \quad (9)$$

Tabela 1 - Przyporządkowanie licznosci zasobów bloków.

${}_{p,\pi}\tau_{x,g}$	$K_{w,p,\pi}\tau_{x,g}$	$B_{w,\pi}\tau_{x,g}$	$\eta({}_d\tau(b_{\phi(r)}({}_gk_v)))$
1	2	3	4
${}_{p,\pi}\tau_{x,1}$	$k_v(r_{\alpha(z)}) \in K_{w,p,\pi}\tau_{x,1}$	$B_{\phi(r)}(k_v) \in B_{w,\pi}\tau_{x,1}$	$\eta({}_d\tau(b_{\phi(r)}({}_1k_v)))$
${}_{p,\pi}\tau_{x,2}$	$k_v(r_{\alpha(z)}) \in K_{w,p,\pi}\tau_{x,2}$	$B_{\phi(r)}(k_v) \in B_{w,\pi}\tau_{x,2}$	$\eta({}_d\tau(b_{\phi(r)}({}_2k_v)))$
.....	.....	.....	.....
${}_{p,\pi}\tau_{x,g}$	$k_v(r_{\alpha(z)}) \in K_{w,p,\pi}\tau_{x,g}$	$B_{\phi(r)}(k_v) \in B_{w,\pi}\tau_{x,g}$	$\eta({}_d\tau(b_{\phi(r)}({}_gk_v)))$

przy czym :  $K_{w,p,\pi} \tau_{x,\theta}$  - zbiór typów amunicji ;

$B_{w,\pi} \tau_{x,\theta}$  - zbiór bloków amunicji prognozowanych do wymian ;

$\eta_d \tau(b_{\phi(r)}(k_v))$  – liczność bloków danych typów do wymian w danym okresie magazynowania.

### 3. Prognoza zasobów partii amunicji

Z uwagi na znaczne koszty naprawy niektórych partii amunicji, ich naprawa jest niecelowa, dlatego też takie partie naboju będą zastąpione partiami nowymi lub partiami posiadającymi aktualną prognozę zdatności. Stąd w prognozowaniu zasobów amunicji w ciągu ( 6 ) można wskazać podciąg okresów, przed których upływem będą realizowane wymiany partii amunicji, zastępując je amunicją sprawną technicznie bądź amunicją nową, spełniającą warunki:

$$Z \leftrightarrow \forall y_i : y_i \in (y_i', y_i'') \quad (10)$$

gdzie:  $Z$  - stan sprawności amunicji;

$y_i$  – parametry wyjściowe amunicji;

$(y_i', y_i'')$  – przedział wartości parametrów sprawności amunicji.

Stan „ $Z$ ” ma w dowolnym przedziale czasu losowy charakter i może być opisany miarą prawdopodobieństwa:

$$P(Z) = P[\forall y_i : y_i \in (y_i', y_i'')] \quad (11)$$

Wymieniony podciąg okresów ciągu ( 6 ) wymian partii amunicji w zasobach  $Z_i$  dotyczy  $\pi$ -tego okresu prognozowania,  $x$ -tej pięcioletki oraz numeru  $\theta_j$  kolejnej wymiany określonej partii amunicji. Opisany jest on wyrażeniem:

$$\{Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \theta_j\} \quad (12)$$

Wyrazy podciągu ( 12 ) identyfikowane są uporządkowaną trójką  $(Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \theta_j)$ . Spełniają one warunek czasu kalendarzowego, a dotyczą okresów, przed których upływem prognozuję się realizowanie ostatniej wymiany partii amunicji typu  $k_v$ . Okresy te opisane są zależnością :

$$Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \theta_j = \tau(b_{\phi(r)}(k_v(r_{\alpha(Z)}))) \quad (13)$$

gdzie:  $\tau(b_{\phi(r)}(k_v(r_{\alpha(Z)})))$  – oznacza okres, przed upływem którego prognozuję się realizowanie ostatniej  $R(k_v(r_{\alpha(Z)}))$  wymiany partii amunicji typu  $k_v(r_{\alpha(Z)})$ ;

$\theta_j$  – oznacza numer kolejnej wymiany określonej partii w danym typie amunicji.

Przyporządkowanie ( 13 ) realizowane jest na podstawie ustalonych przez decydentów norm wykorzystania eksploatacyjnego konkretnych partii amunicji typu  $k_v(r_{\alpha(Z)})$ . Przyporządkowanie to wskazuje typy amunicji i okresy  $Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \theta_j$ , przed którymi należy zrealizować ostatnie  $\phi(r)$  operacje wymian partii amunicji typu  $k_v(r_{\alpha(Z)})$ . Wymiany te warunkują wcześniejsze przygotowanie odpowiednich zapasów partii amunicji przed upływem odpowiednich docelowych kalendarzowych okresów magazynowania  ${}_{doc} \tau(k_v(r_{\alpha(Z)}))$  amunicji według relacji:

$${}_{doc} \tau(k_v(r_{\alpha(Z)})) \gg Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \theta_j \quad (14)$$

Relacje przyporządkowania okresów według zależności (14) zapasom  $\eta(k_v(r_{\alpha(Z)}))$  amunicji do realizacji wymian partii amunicji określonego typu przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2 - Przyporządkowanie licznosci zasobow partii amunicji.

$Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \vartheta_j$	${}_{doc}\tau(\vartheta_j, k_v)$	$\eta(\vartheta_j, k_v)$
1	2	3
$Z_{1,\pi} \tau_{x_1}, \vartheta_1$	${}_{doc}\tau(\vartheta_1, k_v)$	$\eta(\vartheta_1, k_v)$
$Z_{2,\pi} \tau_{x_2}, \vartheta_2$	${}_{doc}\tau(\vartheta_2, k_v)$	$\eta(\vartheta_2, k_v)$
.....	.....	.....
$Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \vartheta_j$	${}_{doc}\tau(\vartheta_j, k_v)$	$\eta(\vartheta_j, k_v)$

gdzie:  $Z_{i,\pi} \tau_{x_k}, \vartheta_j$  – ciag okresow wymian partii amunicji;

${}_{doc}\tau(\vartheta_j, k_v)$  – docelowy okres magazynowania;

$\eta(\vartheta_j, k_v)$  – licznosc partii danych typow do wymian w danym okresie magazynowania.

Podstawa kompleksowego prognozowania wymian naprawczych blokow i partii amunicji, sa wymagania dotyczace poziomow gotowosci operacyjnej przyporzadkowane dla kazdego typu amunicji. Wymagania te formuluje sie za pomoca wskaznika gotowosci technicznej amunicji  $W(u, t)$  ( w przypadku amunicji o szeregowej strukturze niezawodnosciowej ), wskaznika zawodnosci gotowosci technicznej amunicji  $Z(u, t)$  ( w przypadku amunicji o rownoleglej strukturze niezawodnosciowej ) badz wskaznika gotowosci  $S(u, t)$  ( w przypadku amunicji o mieszanej strukturze niezawodnosciowej ) i opisane sa kryterium  $K1$  – gotowosci amunicji określonego typu  $k_v(r_{\alpha(Z)})$ . W rezultacie tych wymagań wyznaczane sa okresy (chwile) wymian naprawczych uwzgledniajace zarowno wymiany pojedyncze, jak i grupowe blokow badz calych partii. Zanim nastapi realizacja wymian potrzebne sa wczesniej zgromadzone zapasy blokow amunicji przyporzadkowane do wyznaczonych chwil przedzialow czasowych wymian naprawczych.

Proces realizacji wymian naprawczych blokow oraz calych partii warunkowany jest (poza personelem wykwalifikowanym dysponujacym niezbedna aparatura) dyspozycyjnoscia modułow rezerwowych (partia amunicji lub konkretny blok). Dyspozycyjnosc ta uwarunkowana jest procesem utrzymania zadanonych poziomow gotowosci oraz zazwyczaj ograniczona powierzchnia magazynowa. Stad umiejtne wyznaczenie zapasow srodkow bojowych i prowadzenie ich gospodarki magazynowej jest jednym z podstawowych warunkow utrzymania gotowosci zasobow amunicji.

Reasumujac nalezy stwierdzic, ze warunkiem utrzymania zadanego poziomu gotowosci technicznej zasobow amunicji sa miedzy innymi operacje wymian naprawczych niezgodnych blokow badz calych partii amunicji. Wymiany te powinny byc realizowane z pewnym wyprzedzeniem zapobiegajacym procesom niesprawnosci ich partii. Konieczne jest wiec wskazanie określonych chwil wyprzedzajacych uszkodzenie sie określonych partii amunicji.

Waznym problemem aplikacyjnym jest proces dystrybucji informacji z magazynowanych zasobow amunicji na potrzeby wyznaczania wartosci wskaźnikow gotowosci technicznej i zawodnosci gotowosci technicznej amunicji. Wiadomo, ze proces ten jest procesem dosc zlozonym. Na potrzeby wyznaczania tych wskaźnikow nalezy wykorzystywac informacje z systemu informatycznego wspomagajacego metode oceny stanu technicznego magazynowanej amunicji.

#### 4. System gospodarowania blokami (elementami)

Dla udoskonalenia sterowania zasobami blokow (elementow) do realizacji napraw srednich i zakladowych partii niezbedne jest opracowanie metod pozwalajacych okreslic nie tylko strategie zamawiania zasobow, ale rowniez strategie ich zuzywania w procesach naprawczych. Problem wlasciwego gromadzenia i zuzywania nabiera istotnego znaczenia,

jeżeli weźmiemy pod uwagę wysokie nakłady finansowe, jakie ponoszone są na gospodarowanie zasobami amunicji. Ujmuje się ten proces w postaci poniżej proponowanego modelu systemowego.

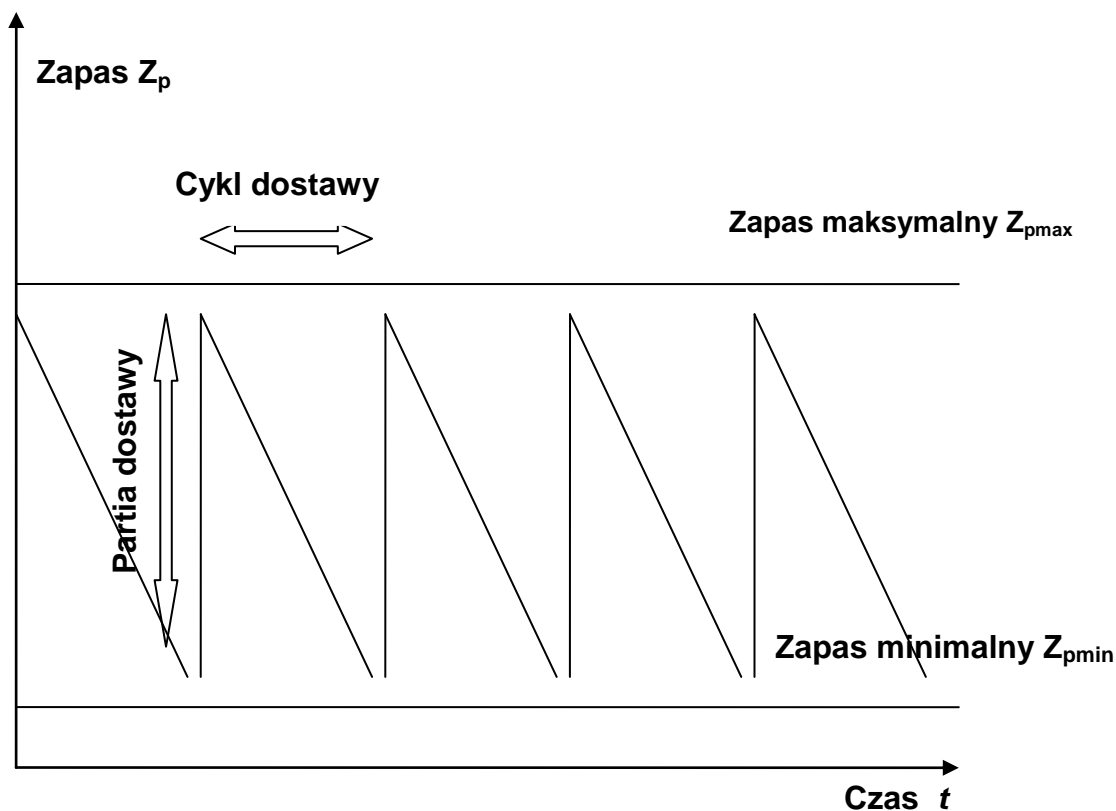
## 5. Model sterowania zapasami (modułami naprawczymi)

Sterowanie zapasami bloków (elementów) do realizacji procesów naprawczych, polega na wyznaczaniu wzorcowych wielkości tych zapasów, zgodnych z potrzebami dokonywanych napraw. Podczas sterowania zapasami bloków (elementów) należy zabezpieczyć zapas minimalny, maksymalny oraz rezerwowy.

Zapas minimalny umożliwia ciągłość zaspokajania potrzeb naprawczych. Zapas maksymalny natomiast, występuje w momencie nadejścia kolejnej partii dostawczej. Różni się on wielkością w zależności od potrzeb naprawczych. Nie należy go przekraczać ze względu na pewne ograniczenia miejsca składowania zapasów. Ilustrację graficzną procesu sterowania zapasami bloków (elementów) przedstawiono graficznie na rys. 1.

Cykl dostaw jest to pewien odcinek czasu pomiędzy dwiema kolejnymi dostawami, liczony w przyjętych jednostkach czasu np. tygodniach, miesiącach.

Partia dostawy to określona ilość bloków (elementów), zawarta w kolejnym zamówieniu, mierzona jest w sztukach bloków (elementów).



Rys. 1. Ilustracja graficzna sterowania zapasami

Z analizy modeli (metod) sterowania zapasami, jakie można spotkać w literaturze, najbardziej optymalnym oraz efektywnym modelem służącym do sterowania zapasami bloków (elementów) jest proces poziomego zamawiania (ROP – Re-Order Point). W procesie tym, przedstawionym na rysunku 2, zachodzi potrzeba ustalenia dwóch norm sterowania:

- poziomu zapasu minimalnego  $Z_{p\min}$ , wskazującego na bezwzględną konieczność złożenia zamówienia;
- wielkości zamawianej partii zapasu  $Z_p$ .

W praktyce, podczas gospodarowania zapasami bloków (elementów), występują wahania zużycia zapasów oraz możliwość opóźnienia w realizacji dostawy. Rozwiązaniem pozwalającym na zneutralizowanie tych niekorzystnych zjawisk są tzw. zapasy bezpieczeństwa (buforowe). Zapasy te będą tworzone na wypadek wystąpienia zużycia bloków (elementów) większego od prognozowanego i dłuższego od zakładanego okresu realizacji zamówienia uzupełniającego. Wchodzą one w skład poziomu minimalnego zamawiania  $Z_{p\min}$ , który to poziom wyznacza się z zależności:

$$Z_{p\min} = \hat{y} \cdot T + k \cdot \hat{s} \cdot (T)^{0.5} \quad (15)$$

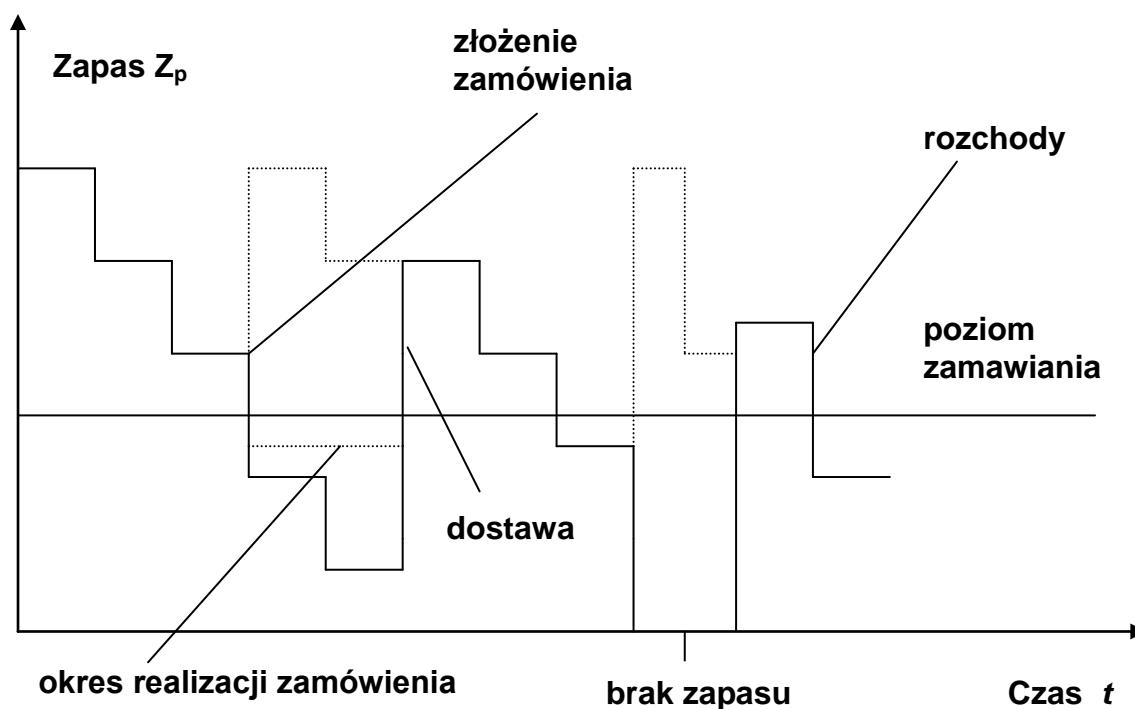
gdzie:  $\hat{y}$  – prognoza średniego zużycia w danym okresie jednostkowym  $t$  np. tygodnia;

$T$  – średni zaobserwowany czas realizacji zamówienia uzupełniającego, wyrażony w przyjętych okresach jednostkowych  $t$ ;

$\hat{y} \cdot T$  – prognoza zużycia w okresie realizacji zamówienia;

$k$  – krotność odchylenia standardowego przyjmowana do wyznaczania zapasu bezpieczeństwa, tzw. współczynnik bezpieczeństwa;

$\hat{s}$  – prognoza średniego błędu ( odchylenie standardowe zużycia ).



Rys. 2. Proces poziomu zamawiania

Przy założeniu, że zużycie może mieć rozkład normalny, współczynnik „ $k$ ” wyznacza ryzyko wyczerpania zapasu. Współczynnik ten przyjmuje się do obliczeń z gotowych tabel [2], w których określona jest jego wartość w zależności od ryzyka wyczerpania zapasów.

Wzór na poziom minimalny zamawiania (15), stosowany jest w przypadku, gdy czas realizacji zamówienia jest niezmienny (wystarczy uwzględnić jego średnią wartość  $T$ ). W przypadku, gdy czas realizacji zamówienia uzupełniającego charakteryzuje się wyraźną

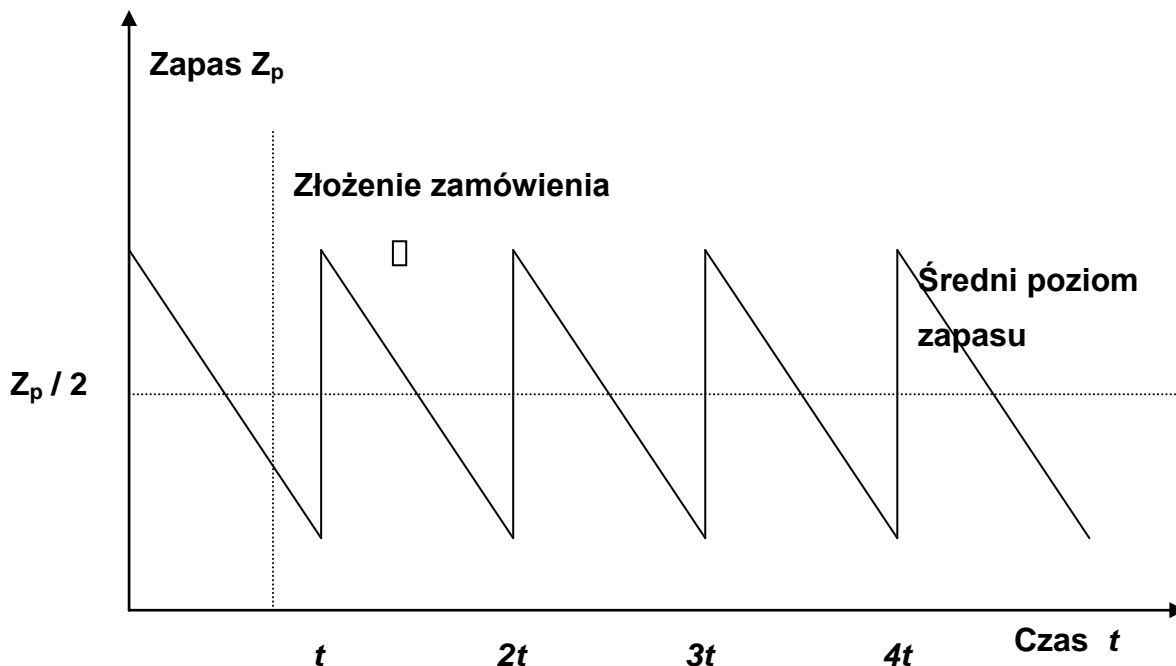
zmiennością, należy zastosować do obliczenia poziomu minimalnego zamawiania bardziej rozwinięty wzór postaci:

$$Z_{p\min} = \hat{y} \cdot T + k \cdot \left[ \left( \hat{s} \right)^2 \cdot T + \left( \hat{y} \right)^2 \cdot (\delta_T)^2 \right]^{0.5} \quad (16)$$

gdzie:  $\delta_T^2$  – wariancja okresu realizacji zamówienia.

Jeżeli przyjmiemy, że zużycie jest stałe, natomiast okres realizacji zamówienia jest zmienny, to mamy do czynienia z sytuacją, w której poziom zamawiania wyznacza się z zależności:

$$Z_{p\min} = \hat{y} \cdot T + k \cdot \hat{y} \cdot \delta_T^2 \quad (17)$$



Rys. 3. Poziom zapasów w czasie



Rys. 4. Kształtowanie kosztów zapasów



Drugą normą sterowania w procesie poziomu zapasów bloków (elementów) wyznaczającą moment zamawiania jest wyznaczenie wielkości partii jednorazowego zamówienia. Wynika ona zazwyczaj z ekonomicznej wielkości partii, która jest w stanie zapewnić minimalizację kosztów naprawy. Poziom zapasów bloków w zależności od kosztów i czasu przedstawiono graficznie na rysunku 3. Optymalna wielkość partii zamawianej  $Z_{opt}$  sprowadza się to do wyliczenia minimum łącznych kosztów zapasów z zależności:

$$Z_{opt} = [(2 \cdot P_r \cdot K_z) / K_u]^{0,5} \quad (18)$$

gdzie:  $P_r$  – prognoza rocznego zużycia bloków (elementów);

$K_z$  – koszt zapasów ;

$K_u$  – roczny koszt utrzymania w zapasach amunicji .

Zależność (18) można stosować do poszczególnych typów bloków (elementów). Rezultaty uzyskane z zależności ( 15 ÷ 18 ) dają podstawę do zobrazowania kształtowania się kosztów wyprodukowania i utrzymania zapasów bloków i elementów – rys. 4.

Zgodnie z założeniami procesu zamawiania, złożenie zamówienia uzupełniającego powinno nastąpić w momencie, gdy zapas faktyczny w magazynie (powiększony o ewentualną dostawę w drodze) obniży się do poziomu  $Z_{min}$ . Z kolei zamawiana stała wielkość wynikać będzie z faktycznej partii zamówienia.

Generowanie zapasów bloków ( elementów ) związane jest ściśle z procesem intensywności dostaw. Tworzenie zapasów wynika więc z konieczności wyrównywania intensywności dostaw i zużycia.

## 6. Wnioski

Przedstawiony system gospodarowania magazynowanymi zasobami bloków (elementów) pozwala na kompleksowe ujęcie, a więc całościowe rozpatrzenie zagadnień dotyczących magazynowania, zużywania, gromadzenia, naprawy i likwidacji zasobów amunicji. Problemem jest racjonalne gospodarowanie (sterowanie) tymi zasobami poprzez wybór najlepszych decyzji o ich zużywaniu i uzupełnianiu ze względu na minimalizowanie nakładów i odpowiedni poziom zasobów amunicji zapewniających gotowość bojową.

Sposób gromadzenia zasobów bloków (elementów) może wynikać z wielu przyczyn wyłaniających się w różnych etapach wyznaczonego z góry okresu planowania ich gospodarki. Rozpatrywanie zbioru zasobów w ich złożoności w postaci struktury asortymentowej i wiekowej, jest istotne z punktu widzenia dbałości o jej właściwy stan jakościowy. Ma to na celu sygnalizowanie o usuwaniu we właściwym czasie części zbioru o złej jakości tj. niebezpiecznych i zawodnych w działaniu.

Przy dłuższym horyzoncie planowania gospodarką magazynowanymi zasobami bloków (elementów) ważne jest ustalenie poziomu początkowego zasobów a także wpływanie na ich poziom końcowy. W rozpatrywanym systemie zasoby amunicji przedstawiają znaczny majątek, stąd też każda trafna decyzja ma duże znaczenie gospodarcze.

## Literatura

- [ 1 ] Ampuła D. – Parametryczny system oceny magazynowanej amunicji – Rozprawa doktorska - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych Warszawa 2006 r.;
- [ 2 ] Krzysztofik M., Urbanek D. – Metody statystyczne – WNT Warszawa 1981 r.;
- [ 3 ] Firkowicz S. – Statystyczne badanie wyrobów – Wydawnictwa Naukowo Techniczne Warszawa 1970 r.;
- [4] Ampuła D., Figurski J.– Metoda zabezpieczenia procesów naprawczych magazynowanej amunicji – PTU WITU nr 3 z 2006 r..

