ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990
Seria: GÓRNICTWO z. 189 Nr kol. 1077

Erwin PSZCZÓŁKA
Centralny Ośrodek Informatyki Górnictwa
w Katowicach

# MOŻLIWE KIERUNKI ZMIAN ORGANIZACYJNYCH W SYSTEMIE ZAOPATRZENIA KOPALŃ WYNIKAJĄCE Z URYNKOWIENIA GOSPODARKI

Streszczenie. W artykule przedstawiono strategię zaopatrzenia kopalń w materiały oparte na modelu P i modelu Q oraz dokonano oceny tych strategii. Strategia zaopatrzenia w materiały oparta na modelu Q jest bardziej skuteczna i efektywna, może jednak być stosowana po urynkowieniu gospodarki.

## 1. WPROWADZENIE DO TEMATU

Materiały są jednym z głównych czynników produkcji górniczej wpływającym istotnie na efektywność procesów gospodarczych w przemyśle wydobywczym. Mają one wysoki udział w kosztach wydobycia węgla. Dane liczbowe przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Udział materiałów w kosztach wydobycia

| Wyszczególnienie | 1960 | 1970 | 1986 | 1987 |
|---|---|---|---|---|
| Wielkość wydobycia w tys. ton/r. | 104438 | 140101 | 192073 | 193010 |
| Wartość wydobycia w mln zł/r. | 27595 | 47330 | 729594 | 1002088 |
| Koszt wydobycia w mln zł/r. | 26433 | 43109 | 968698 | 1220195 |
| Koszt materiałów w kosztach wydobycia w mln zł/r. | 6000 | 9785 | 142670 | 217435 |
| Procentowy udział kosztu materiałów w kosztach wydob. | 22.7 | 22.7 | 14.7 | 15.7 |

Materiały stanowią również znaczną część zapasów operacyjnych kopalni. Tablica 2 prezentuje strukturę zapasów dla wybranych kopalń.

Tablica 2

Struktura zapasów w wybranych kopalniach w 1988 r.

| Wyszczególnienie | kwk 1 | kwk 2 | kwk 3 | kwk 4 | kwk 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Wielkość wydobycia w tys. ton/r. | 7673 | 8357 | 4658 | 2470 | 1063 |
| Wartość wydobycia w mln zł/r. | 32236 | 34824 | 21436 | 13447 | 9562 |
| Zużycie materiałów w mln zł/r. | 7402 | 8884 | 7392 | 4758 | 5394 |
| Zapasy ogółem w mln zł/r. | 5413 | 6027 | 3418 | 2436 | 3232 |
| Zapasy materiałów w mln zł/r. | 1352 | 1258 | 635 | 600 | 845 |
| Udział zapasów materiałów w zapasach ogółem | 26.3% | 20.9% | 18.6% | 24.6% | 26.1% |
| Wskaźnik zapasów w dniach | 55 | 42 | 27 | 38 | 47 |

Powyższe tablice odzwierciedlają dwa główne zagadnienia, jakie należy rozpatrywać w gospodarce materiałami:

- materiałochłonność produkcji,
- gospodarkę zapasami materiałowymi.

W przedmiotowym opracowaniu uwagę skoncentrowano na gospodarce zapasami materiałowymi.

## 2. STEROWANIE ZAPASAMI OPARTE NA MODELACH ZAPASÓW

Teoria zapasów zajmuje się metodami ustalania optymalnej procedury tworzenia zapasów materiałów w celu obsłużenia przyszłych zapotrzebowań. W metodach tych szczególną rolę odgrywają modele, które odwzorowują procesy pozyskiwania i zużycia zapasów. W analizie problemu rozpatrzyć należy dwa główne aspekty:

(1) rozpoznanie przyszłego zapotrzebowania,
(2) procedury pozyskiwania materiałów.

W przewidywaniu pszyszłego zapotrzebowania można wyróżnić dwie sytuacje, tj.:

(1) wielkość zapotrzebowania w zadanym okresie czasu można określić dokładnie, co daje podstawę do tworzenia deterministycznych modeli zapasów (modeli w warunkach pewności),

(2) wielkość zaopatrzenia w zadanym okresie ma charakter zmiennej losowej (o rozkładzie prawdopodobieństwa dyskretnym lub ciągłym), co daje podstawę do tworzenia probabilistycznych modeli zapasów (model w warunkach ryzyka gdy rozkład prawdopodobieństwa jest znany, lub w warunkach niepewności, gdy rozkład prawdopodobieństwa rozpoznany jest tylko częściowo).

Rozpatrując procedury pozyskiwania zapasów, należy uwzględnić szereg charakterystyk mających wpływ na tworzenie modeli sterowania zapasami:

(1) ze względu na źródło zaopatrzenia:

- samozaopatrzenie przez własne wydziały produkcyjne,
- zaopatrzenie zewnętrzne na drodze zakupu;

(2) ze względu na cykliczność pozyskiwania materiałów:

- zapotrzebowanie i dostawa jednorazowa - tworzy się modele jednookresowe (statyczne),
- zapotrzebowanie powtarzające się w kolejnych okresach, dostawy wielokrotne, cykliczne powtarzane - tworzy się modele wielookresowe (dynamiczne);

(3) ze względu na zmienność zapotrzebowania:

- zapotrzebowanie stałe w czasie,
- zapotrzebowanie zmienne w czasie;

(4) ze względu na czas realizacji dostawy:

- dostawy natychmiastowe (po złożeniu zamówienia),
- dostawy realizowane po określonym czasie (stałym od złożenia zamówienia),
- dostawy realizowane w zmiennym czasie (od złożenia zamówienia);

Kombinacje wymienionych charakterystyk umożliwiają sformułowanie kilkudziesięciu wariantów modeli sterowania zapasami. Wiele z nich ma ograniczone zastosowanie w górnictwie. Do rzadkości w przemyśle węglowym można zaliczyć dostawy jednorazowe, stąd niewielka przydatność modeli statycznych. Modele deterministyczne mogą być wykorzystane do sterowania zapasami materiałów nieuczestniczących bezpośrednio w wydobyciu węgla i jego wzbogacaniu. Dla materiałów zużywanych bezpośrednio w procesach produkcyjnych, transporcie, a szczególności w procesach technologicznych na dole kopalni, najbardziej przydatne będą modele probabilistyczne z uwagi na dużą zmienność warunków prowadzenia prac. W dalszej części pracy rozpatrzone zostaną tylko te modele, które wiarygodnie opisują sytuację spotykaną w praktyce górniczej.

Gra decyzyjna w sterowaniu zapasami materiałowymi opiera się na występowaniu przeciwstawnych wzajemnie kosztów:

(1) kosztów pozyskania materiałów,

(2) kosztów utrzymania zapasów,
(3) kosztów braku materiałów.

Rozwiązanie problemu optymalnego sterowania zapasami sprowadza się do znalezienia odpowiedzi na dwa pytania:

(1) jak często zamawiać,
(2) ile należy zamówić.

Przeciwstawność wzajemna kosztów wyraża się tym, że zbyt częste zamawianie podnosi koszty pozyskania materiałów, ale pozwala obniżyć poziom zapasów i zmniejszyć koszty utrzymania zapasów. Zamawianie zbyt dużej ilości i zbyt często może doprowadzić do powstanie zapasów nadmiernych i wysokich, często nieuzasadnionych kosztów utrzymania. Zamówienie zbyt małej ilości i zbyt rzadko może, a najczęściej powoduje wystąpienie braków materiałów, zakłócenia procesu produkcyjnego lub jego zatrzymania i wystąpienie wysokich kosztów braku materiałów.

Na koszty pozyskania materiałów składają się:

- koszty akwizycji i analizy ofert,
- koszty zamówień,
- ogólna wartość zamówionych materiałów,
- koszty transportu.

Koszty te w niewielkim stopniu zależą od wielkości zamówienia (z wyłączeniem wartości zamówionych materiałów). Większość autorów [1], [2], [3], [4] przyjmuje, że koszty zaopatrzenia $K_z$ są stałe w skali roku i do obliczeń analitycznych dzielą je na poszczególne zamówienia proporcjonalne do liczby zamówień w roku.

Na koszty utrzymania zapasów składają się:

- koszty zamrożenia środków finansowych w nagromadzonych zapasach,
- koszty magazynowania,
- koszty deprecjacji,
- koszty ubezpieczeń.

Koszty utrzymania zapasów silnie zależą od ilości magazynowanych materiałów i okresu przechowywania ich w magazynach. W literaturze [1], [2], [3] przyjmuje się dla ich określenia koszt jednostkowy $K_u$ przypadający na jednostkę zapasu materiału w jednostce czasu. Inni autorzy [1], [3] posługują się pojęciem stawki procentowej $c_u$ określającej stosunek kosztu utrzymania jednostki materiału do jego wartości.

Koszty braku materiałów powstają w sytuacji, kiedy nie jest możliwe zaspokojenie zapotrzebowania na materiały, doprowadzającej do ograniczenia lub przerwania produkcji, co wywołuje określone straty ekonomiczne. Koszty braku materiałów zależą od wielkości niezaspokojonego zapotrzebowania i czasu oczekiwania na ich dostawy. Dokładne ustalenie kosztów braku materiałów jest w większości przypadków bardzo trudne i często ich określenie zastępuje się kalkulacją szacunkową.

2.1. Modele probabilistyczne

W modelach probabilistycznych zapotrzebowanie charakteryzuje się losową zmiennością. Wielkość zapotrzebowania w określonym przedziale czasu t może przyjąć jedną z wielu możliwych wartości $y_i$, przy czym każdej z tych wartości możemy przyporządkować liczbę $p_i(y_i)$ taką, że:

$$0 \leqslant p_i(y_i) \leqslant 1$$

oraz

$$\sum_i p_i(y_i) = 1.$$

$p_i(y_i)$ jest wartością prawdopodobieństwa wystąpienia zapotrzebowania $y_i$.

Rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej zapotrzebowania znany jest, na ogół, dla krótkiego okresu czasu zwanego dalej bazowym (np. tygodnia, dekady, miesiąca). Cykle zaopatrzenia, okresy wyprzedzania zamówień, czasookresy ustalania wskaźników kosztowych dotyczą dłuższych okresów np. ustalane są w skali roku. Zachodzi zatem potrzeba określania prawdopodobieństwa zmiennej losowej zapotrzebowania w okresach czasu będących wielokrotnością okresu bazowego. Wykorzystuje się do tego celu najczęściej metodę splotu zmiennych losowych. Przyjmując, że rozkłady prawdopodobieństwa w poszczególnych okresach bazowych są takie same i niezależne od siebie, ustalenie rozkładu dla okresu będącego n-krotnością okresu bazowego jest względnie proste. I tak:

$$E^n(y) = n.E(y),$$

$$S^n(y) = n.S(y),$$

gdzie:

$E(y)$ i $S(y)$ są odpowiednio wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym okresu bazowego,

$E^n(y)$ i $S^n(y)$ są odpowiednio wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym okresu n-krotnego.

W przypadku gdy rozkład prawdopodobieństwa zapotrzebowania zmienia się w sposób ciągły, to prawdopodobieństwo wyraża się funkcją gęstości prawdopodobieństwa f(y).

Dla modeli probabilistycznych zakłada się, że złożone zamówienie realizowane jest po pewnym czasie $\tau$. Czas ten w ogólnym przypadku jest również zmienną losową. Jeżeli czas $\tau$ jest wielkością stałą, to gęstość rozkładu prawdopodobieństwa zapotrzebowania w tym okresie czasu wyraża się wartością

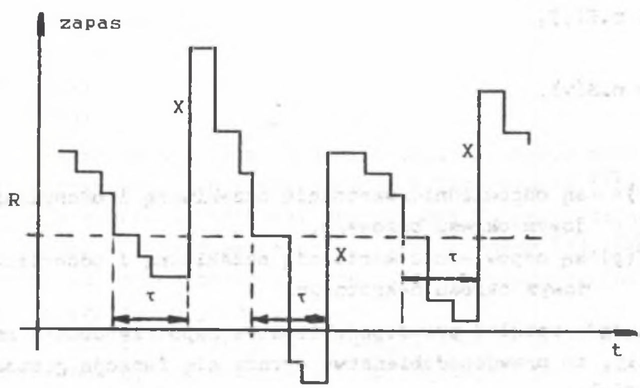
$f(y)$. W przypadku gdy czas $\tau$ jest zmienną losową, to oznaczmy przez $g(\tau)$ gęstość rozkładu prawdopodobieństwa tej zmiennej, a przez $(y/\tau)$ warunkową gęstość rozkładu prawdopodobieństwa zapotrzebowania dla czasu dostawy $\tau$. Absolutny rozkład prawdopodobieństwa zapotrzebowania w czasie upływającym od momentu złożenia zamówienia do momentu dostawy ma gęstość

$$f(y) = \int_0^{\infty} (y/\tau) . g(\tau) d\tau .$$

Tak, jak to już sygnalizowano w pracy, rozwiązanie modelu sterowania zapasami polega na określeniu, ile i jak często zamawiać. Te same problemy występują w modelach probabilistycznych z uwzględnieniem sposobu niwelowania skutków losowej zmienności zapotrzebowania. Wielkość zamówienia i częstotliwość zamawiania przyjmuje się najczęściej jako parametry wyznaczające strategię zaopatrzenia.

2.1.1. Strategia stałej wielkości zamówienia - strategia Q (Constant Quantity)

Strategia stałej wielkości zamówienia zakłada, że za każdym razem składa się zamówienie tej samej wielkości X. Po jego realizacji prowadzi się ciągłą obserwację stanu zapasów i z chwilą obniżenia się poziomu zapasów do wielkości R ponawia się zamówienie w wielkości X. Zostanie ono zrealizowane po czasie $\tau$ i wtedy rozpoczyna się następny cykl. Przykładowy przebieg zmienności stanów zapasów dla przedstawionej strategii pokazano na rys. 1.




Rys. 1. Zmienność stanu zapasów w strategii Q
Fig. 1. Variability of the state of stock in strategy Q

Rozwiązania problemu poszukamy najpierw metodą uproszczoną, rozdzielając określenie wielkości X od problematyki zmienności zaopatrzenia.

Wielkość X można w przybliżeniu wyznaczyć ze wzoru wyprowadzonego w modelu deterministycznym.

$$X = \sqrt{\frac{2.Y.K_z}{c.c_u}},$$

gdzie:

$Y = N.E(y)$ - roczna wielkość zapotrzebowania,
$N$ - ilość okresów bazowych w roku,
$E(y)$ - wartość oczekiwana zapotrzebowania w okresie bazowym.

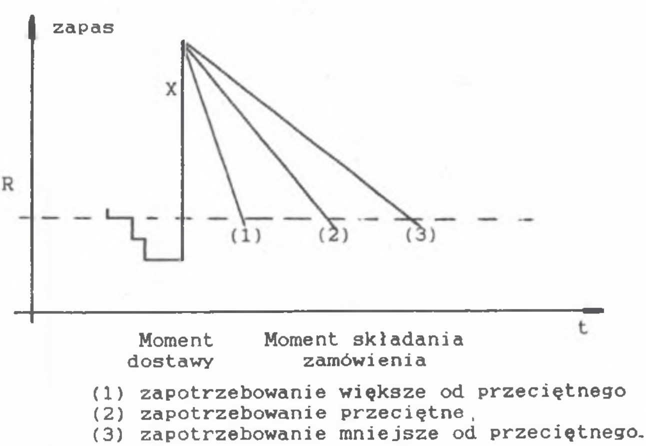
Wstępną wielkość zapasu, przy którym składać się będzie zamówienia, wyznaczymy z zależności:

$$R' = E^{\tau}(y)$$

gdzie:

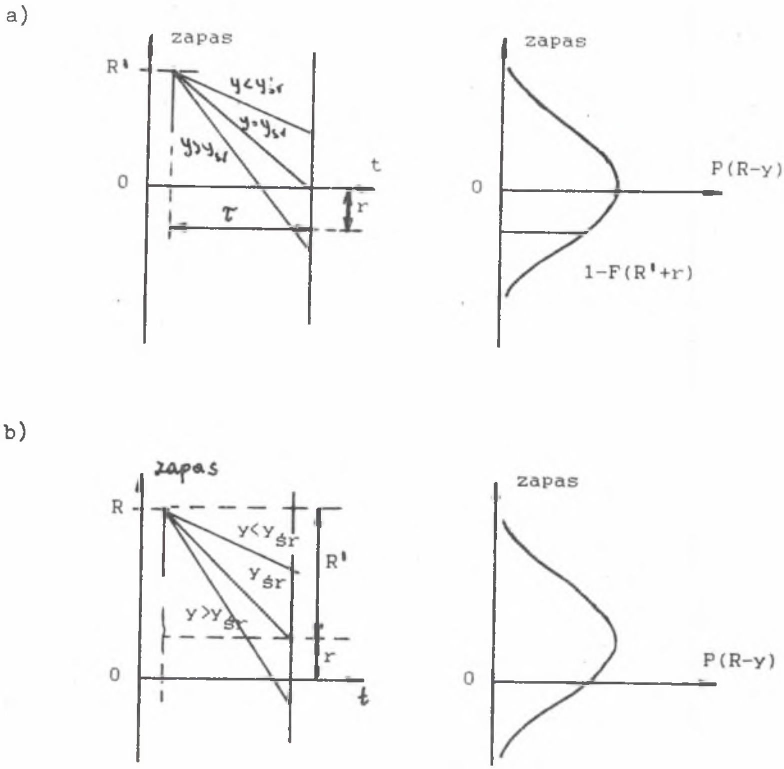
$E^{\tau}(y)$ - wartość oczekiwana zapotrzebowania w okresie realizacji dostawy.

Rozpatrując problem zmienności zapotrzebowania, należy zauważyć, że znaczna część jego skutków eliminowana jest dzięki przyjętej strategii zaopatrzenia. Zmienność zapotrzebowania wpływa głównie na moment spadku wielkości zapasu do poziomu R, w którym to momencie składane jest nowe zamówienie. Mechanizm tej eliminacji przedstawia rys. 2.




Rys. 2. Wpływ zmienności zapotrzebowania na moment składania zamówienia
Fig. 2. Effect of the variability of demand at the moment of ordering

Istotne znaczenie ma dopiero zmienność zapotrzebowania w okresie oczekiwania na realizację zamówienia, co przedstawiono na rys. 3.




Rys. 3. Wpływ zmienności zapotrzebowania w strategii Q na poziom zapasu w okresie realizacji zamówienia

(a) bez nadmiaru zapasu
(b) z nadmiarem zapasu

Fig. 3. Effect of the variability of demand in strategy Q on the level of stock in the period of order realization

(a) without excess of stock
(b) with an excess of stock

Zapotrzebowanie większe od przeciętnego powoduje powstanie braku materiału, którego koszt jednostkowy $c_b$ jest znacznie większy od kosztu jednostkowego utrzymania zapasów $c_u$. Uzasadnione jest więc wprowadzenie pewnej wielkości zapasu zwanej nadmiarem zapasu, którego koszt utrzymania będzie rekompensowany zmniejszeniem kosztów braku materiału.

Oznaczmy przez:

$K_{ur}$ - koszt utrzymania nadmiaru zapasu,
$r$ - wielkość nadmiaru zapasu,
$c$ - cena jednostkowa materiału,
$c_u$ - stawka procentowa kosztów utrzymania,
$K_b$ - koszty braku materiału,
$N_z$ - ilość cykli zamawiania w roku,
$c_b$ - jednostkowy koszt braku materiału w skali rocznej.

Przypomnijmy, że nadmiar zapasu utrzymywany jest na stałym poziomie przez cały rok.

$$K_{ur} = r.c.c_u$$

$$K_b = N_z.c_b.\int_{R'+r}^{\infty}\left[y-(R'+r)\right].f(y)dy$$

gdzie:

$\int_{R'+r}^{\infty}\left[y-(R'+r)\right].f(y)dy$ - wyraża wielkość przeciętną niezaspokojonego zapotrzebowania w okresie oczekiwania na realizację zamówienia, przy założeniu że zamówienie jest składane w momencie spadku zapasu do wielkości R powiększonej o nadmiar zapasu r.

Łączny koszt utrzymania nadmiaru zapasu i braku materiału wyniesie

$$K_{ub} = K_{ur} + K_b = r.c.c_u + N_z.c_b.\int_{R'+r}^{\infty}\left[y-(R'+r)\right].f(y)dy.$$

Należy ustalić taką wielkość r, przy której łączny koszt $K_{ub}$ osiągnie wartość minimalną.

W tym celu obliczamy:

$$\frac{dK_{ub}}{dr} = c.c_u + N_z.c_b.\left[1-F(R'+r)\right]$$

gdzie:

$F(R'+r)$ oznacza dystrybuantę rozkładu zmiennej y.

Przyrównując pochodną do zera i rozwiązując równanie otrzymamy:

$$F(R'+r) = 1 - \frac{c.c_u}{N_z.c_b} .$$

Znając dystrybuantę rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej zapotrzebowania (na przykład w postaci tabelarycznej), możemy określić wielkość

$$R = R'+r,$$

którą będziemy wykorzystywali do ustalenia momentu składania zamówień.

Z uwagi na przyjęte uproszczenia i przybliżenia uzyskane wzory nie odpowiadają rozwiązaniu optymalnemu. Pełne rozwiązanie przedstawią H.M. Wagner [4] w postaci:

$$K_c = \frac{Y}{X} . K_z + c.Y + c.c_u . \left[\frac{X}{2} + R - E^{\tau}(y)\right] +$$

$$+ \left[\frac{c.c_u.E^{\tau}(y)}{2.X} + \frac{Y}{X} . c_b\right] . \int_R^{\infty} (y-R)f(y)dy,$$

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2.K_z.Y}{c.c_u} + \left[E^{\tau}(y) + \frac{2.Y.c_b}{c.c_u}\right] . \left[1-F(R_{opt})\right]} ,$$

$$F(R_{opt}) = 1 - \frac{c.c_u.X_{opt}}{\frac{c.c_u.E^{\tau}(y)}{2} + Y.c_b}$$

Wielkości $X_{opt}$ i $R_{opt}$ w powyższym rozwiązaniu nie można określić wzorami analitycznymi, ich faktyczne wielkości mogą być ustalone metodą iteracyjną przy znajomości dystrybuanty rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej zapotrzebowania F(y).

W pracy [3] na przykładach liczbowych wykazano, że uproszczona metoda zapewnia wyniki nieznacznie różniące się od optymalnych. Autor zaleca stosowanie wzorów uproszczonych jako znacznie wygodniejszych w praktycznych zastosowaniach.

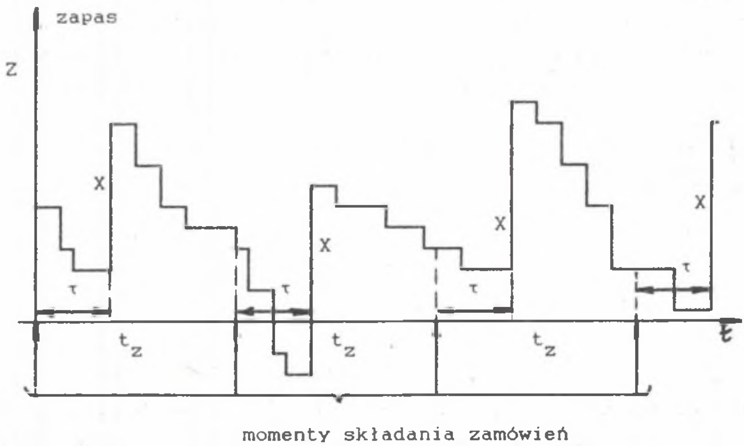
### 2.1.2. Strategia stałej częstotliwości zamawiania - Strategia P (Constant Period)

Strategia stałej częstotliwości zamawiania zakłada, że zamówienia składa się co ustalony, stały okres $t_z$, przy czym wielkość zamówienia X ustala się jako różnicę między ustaloną wielkością maksymalnego zapasu Z a wielkością zapasu w momencie składania zamówienia.

Wielkość zamówienia można wyrazić wzorem:

$$X(t_z) = Z - z(t_z).$$

Zmienność zapasów w strategii P przedstawia rys. 4.




Rys. 4. Zmienność stanu zapasów w strategii P
Fig. 4. Variability of the state of stock in strategy P

Należy zauważyć, że poziom zapasów nie osiąga wielkości maksymalnej z uwagi na to, że wielkość zamówienia ustalana jest w wysokości uzupełnienia zapasu do poziomu Z w momencie składania zamówienia tzn.

$$X(t_z) + Z(t_z) = Z,$$

natomiast w momencie realizacji zamówienia stan zapasu jest na ogół niższy, tzn.

$$Z(t_z+\tau) \leqslant Z(t_z),$$

a stąd

$$X(t_z) + Z(t_z+\tau) \leqslant X(t_z) + Z(t_z) = Z.$$

Do rozwiązania problemu zastosujemy również metodę uproszczoną.

Wielkość $Z'$ ustalimy szacunkowo jako równą wielkości oczekiwanej zapotrzebowania w okresie cyklu zamawiania $t_z$;

$$Z' = E^{t_z}(y)$$

Czas cyklu zamawiania jest z reguły dostosowany do wymagań administracyjnych dostawców, jednakże dla celów oceny jakości strategii P przyjmiemy zasadę jego optymalizacji z uwagi na koszty zamówienia i koszty utrzymania, wykorzystując zależność ustaloną dla modelu deterministycznego

$$Z' = \sqrt{\frac{2.Y.K_z}{c.c_u}}$$

oraz

$$t_z = \frac{A}{Z'} .$$

Analiza wpływu zmienności zapotrzebowania na stan zapasów wykazuje podobne cechy jak w strategii Q, z tą różnicą, że strategia P wymaga uwzględnienia zmienności zapotrzebowania w całym cyklu zamawiania powiększonym o czas realizacji zamówienia, a nie jak poprzednio tylko zmienności zapotrzebowania za czas realizacji zamówienia. Schemat poglądowy sytuacji uwzględniającej zmienność zapotrzebowania w strategii P przedstawia rys. 5.

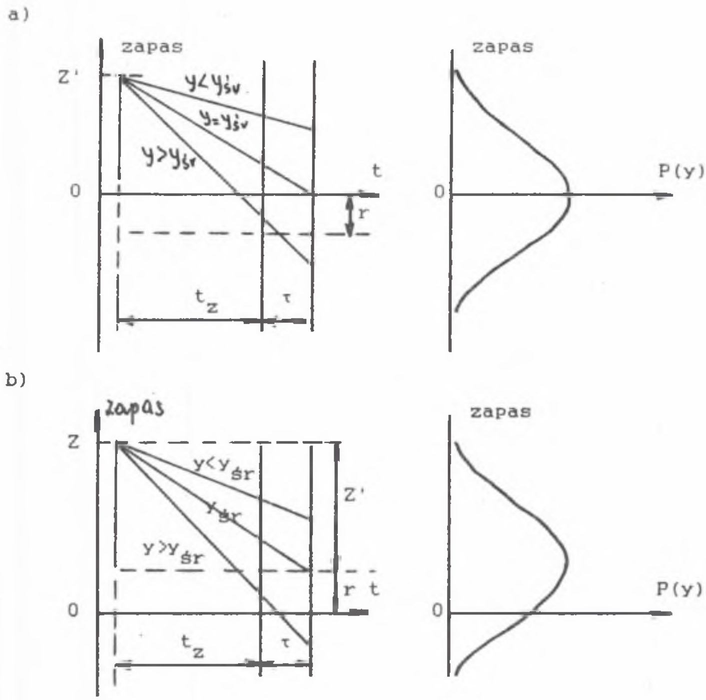
Podobnie jak poprzednio wyznaczymy optymalną wielkość nadmiaru zapasu, którego koszt utrzymania będzie rekompensowany zmniejszeniem kosztów braku materiałów.

Łączny koszt utrzymania nadmiaru zapasu i braku materiału wyniesie:

$$K_{ub} = K_{ur} + K_b = r.c.c_u + N_z.c_b. \int_{Z'+r}^{\infty} \left[y-(Z'+r)\right].f(y)\,dy.$$

Obliczając pochodną względem r i przyrównując ją do zera, otrzymamy:

$$F(Z'+r) = 1 - \frac{c.c_u}{N_z.c_b} .$$




Rys. 5. Wpływ zmienności zapotrzebowania w strategii P na poziom zapasu w okresie realizacji cyklu zaopatrzenia
(a) bez nadmiaru zapasu,
(b) z nadmiarem zapasu.

Fig. 5. Effect of the variability of demand in strategy P on the level of stock in the period of realization of the cycle of procurement
(a) without excess of stock
(b) with an excess of stock

## 2.2. Porównanie strategii P i Q

Wyrażenia charakteryzujące poziom nadmiaru zapasu

- w strategii Q

$$F(R'+r) = \frac{c \cdot c_u}{N_z \cdot c_b}$$

- w strategii P

$$F(Z'+r) = \frac{c \cdot c_u}{N_z \cdot c_b}$$

mają identyczną prawą stronę.

Wykorzystując nierówność Czebyszewa i przyjęte oznaczenia, możemy zapisać:

$$1-F\ E(y)+k.S(y) = P\ \{y-E(y) \geqslant k.S(y)\} \leqslant \frac{1}{k^2}$$

Zastępując $F[E(y)+k.S(y)]$ wyrażeniem z prawej strony wzorów na $F(R'+r)$ i $F(Z'+r)$ możemy zapisać:

$$\frac{1}{k^2} \geqslant \frac{c.c_u}{N_z.c_b}$$

i przekształcając tę nierówność otrzymamy:

$$k \leqslant \sqrt{\frac{N_z.c_b}{c.c_u}}$$

lub

$$k \leqslant \sqrt{\frac{k_b}{k_u}}$$

gdzie:

$k_b = N_z.c_b$ - jednostkowy koszt braku materiału,

$k_u = c.c_u$ - jednostkowy koszt utrzymania zapasu.

Porównując wyrażenia:

$$1-F\ E(y)+k.S(y) = P\{[y-E(y)] \geqslant k.S(y)\}$$

i

$$1-F(R'+r_Q) = P[(y-R') \geqslant r_Q]$$

oraz uwzględniając, że $R' = E^{\tau}(y)$, możemy przyjąć, że

$$r_Q = k.S^{\tau}(y),$$

gdzie $r_Q$ jest wielkością nadmiaru zapasu w strategii Q.

Analogicznie można zapisać dla strategii P

$$r_P = k.S^{t_z}(y).$$

Przyjmijmy, że

$t$ - oznacza okres bazowy,

$S(y)$ - odchylenie standardowe zapotrzebowania w okresie bazowym,

wtedy

$$S^{\tau}(y) = \sqrt{\frac{\tau}{t}} \cdot S(y)$$

i

$$S^{t_z}(y) = \sqrt{\frac{t_z}{t}} \cdot S(y)$$

oraz

$$r_Q = k \cdot \sqrt{\frac{\tau}{t}} \cdot S(y)$$

i

$$r_P = k \cdot \sqrt{\frac{t_z}{t}} \cdot S(y)$$

Z powyższych wyrażeń wynika, że

$$r_Q \ll r_P$$

z uwagi na to, że $\tau \ll t_z$.

Zależność ta wyraża fakt, że nadmiar zapasu w strategii P jest znacznie większy niż w strategii Q. Oznacza to, że strategia Q jest ekonomicznie korzystniejsza, o ile istnieją warunki techniczno-organizacyjne jej stosowania, do których należy zaliczyć:

1) istnienie wolnego rynku zaopatrzeniowego (rynek konsumenta), co pozwala w dowolnej chwili złożyć zamówienie na dowolną ilość potrzebnego materiału,
2) istnienie warunków ciągłego śledzenia stanu zapasów materiału umożliwiające złożenie zamówienia we właściwym momencie.

Obserwowane zmiany w systemie gospodarowania oraz wyposażenie techniczne kopalń w sprzęt informatyczny wskazują, że w najbliższej przyszłości warunki te zostaną spełnione i w praktyce górniczej będzie stosowana strategia zaopatrzenia oparta na modelu Q jako bardziej efektownym i skutecznym.

LITERATURA

1. MULLER Y.: Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych. PWE, Warszawa 1971.
2. Praca zbiorowa pod redakcją GRUDZEWSKIEGO W.: Badania operacyjne w organizacji i zarządzaniu. PWN, Warszawa 1985.
3. STARR M.K., MILLER D.W.: Inventory Control: Theory and Practice Prentice-hall. InC., Englewoods Clifs. N.J. 1962.
4. WAGNER H.M.: Badania operacyjne. PWE, Warszawa 1980.

Recenzent
Doc. dr inż. Czesław Potocki

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
В СИСТЕМЕ СНАБЖЕНИЯ ШАХТ В ЭПОХЕ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Р е з ю м е

В работе показаны стратегии снабжения шахт материалами на основе моделей Р и Q а также произведена оценка этих стратегий. Стратегия снабжения материалами на основе модели Q более эффективна, но может применяться только в эпохе рыночной экономики.

PROBABLE TENDENCIES OF ORGANIZATIONAL CHANGES IN THE PROCUREMENT SYSTEM
OF MINES RESULTING GROM ADOPTING FREE-MARKET ECONOMY

S u m m a r y

A strategy of mines procurement of materials, based on model P and model Q, and an assessment of such strategies have been presented in the paper. The strategy of material procurement based on model Q is more effective and efficient, however, it may be used after adopting free-market economy.