

Erwin PSZCZÓŁKA

Centralny Ośrodek Informatyki Górnictwa
w Katowicach

MOŻLIWE ROZWIĄZANIA ORGANIZACYJNE W SYSTEMIE ZAOPATRZENIA KOPALNI

Streszczenie. W artykule przedstawiono zasady współdziałania kopalni w zakresie zaopatrzenia w materiały. Przeprowadzona symulacja zaspokojenia potrzeb materiałowych dla współpracujących kopalni uzasadnia zasadność tej współpracy.

1. WPROWADZENIE DO TEMATU

Jednym z warunków sprawnego przebiegu produkcji górniczej jest utrzymanie dyscypliny dostaw materiałowych poprzez dostarczanie oddziałom produkcyjnym właściwych materiałów w odpowiednich terminach i ilościach [3]. Wymaga to ścisłego współdziałania komórek zaopatrzenia, planowania i przygotowania produkcji oraz tworzenia i utrzymywania niezbędnych zapasów materiałowych [3].

Zapasy materiałowe pozwalają na rytmiczny przebieg procesów produkcyjnych, a ponadto zapobiegają skutkom nietrafnych lub nie dość skutecznych działań. Tworzenie i utrzymywanie zapasów związane jest z ponoszeniem kosztów uzyskania zamówionej ilości (koszty zakupu samych materiałów i koszty zaopatrzenia) oraz kosztów przechowywania tej ilości w magazynach (koszty utrzymania, do których wliczyć trzeba koszt oprocentowania zamrożonych środków finansowych). W rachunku sumarycznym kosztów materiałowych uwzględnia się także koszty braku zapasów materiałów [1], [2], [3], [4], [5].

W gospodarowaniu zapasami występuje wiele przeciwnych czynników, np.:

- (1) częste dostawy, to wysokie koszty zaopatrzenia, ale możliwość utrzymania niskiego poziomu zapasów, a to daje niższe koszty utrzymania,
- (2) niski poziom zapasów, to wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia kosztów braku zapasu.

Wysokość kosztów i nakładów związanych z obrotem materiałowym oraz konieczność utrzymywania wydobywania na określonym poziomie wymuszają poszukiwanie optymalnych rozwiązań, w tym również rozwiązań organizacyjnych.

Sytuacje decyzyjne z wyborem możliwych strategii zarządzania zapasami dają się opisać za pomocą odpowiednich modeli matematycznych. Umożliwi to

poszukiwanie rozwiązań optymalizujących funkcję celu, w charakterze której najczęściej wybiera się minimalizowaną funkcję kosztów gospodarki materiałowej.

Ostatnią próbę racjonalizacji gospodarki materiałowej w polskim górnictwie była rozwijana w latach 1974 do 1976 koncepcja Przedsiębiorstwa Gospodarki Materiałowej i Transportu Przemysłu Węglowego "Transmag", która po krótkim okresie eksperymentów uległa w zasadzie wycofaniu z praktyki przemysłowej na skutek braku wystarczającej elastyczności i efektywności ekonomicznej. Źródłem tych niepowodzeń były powszechnie stosowane formy nakazowego zarządzania, które bardziej preferowały interesy pośredników uczestniczących w obrocie materiałowym, a w mniejszym stopniu zaspokajały interesy kopalń. Ponadto upowszechnieniu systemu "Transmag" nie sprzyjał istniejący system informacyjny w zaopatrzeniu materiałowym i gospodarowaniu materiałami.

Aktualne warunki organizacyjno-techniczne w polskim górnictwie pozwalają na ponowne przeanalizowanie zagadnień racjonalizacji kierowania zapasami materiałowymi w przemyśle wydobywczym. Do warunków tych należy zaliczyć:

- (1) wzrost samodzielności gospodarczej kopalń,
- (2) wprowadzanie rynkowych zasad funkcjonowania gospodarki narodowej,
- (3) rozwój elektronicznej techniki obliczeniowej, a w szczególności techniki minikomputerowej,
- (4) rozwój systemów informatycznych zapewniających bieżącą (codzienną) informację umożliwiającą operatywne podejmowanie racjonalnych decyzji.

2. STRATEGIA STEROWANIA ZAPASAMI W WARUNKACH WSPÓŁDZIAŁANIA KOPALŃ

Zapotrzebowanie na określony materiał w poszczególnych kopalniach w wybranych okresach czasu można traktować jako wielowymiarową zmienną losową. Łączne zapotrzebowanie na ten materiał w rozpatrywanych okresach jest również zmienną losową, przy czym:

$$E_c(y) = \sum_{k=1}^m E_k(y),$$

a

$$S_c(y) = \sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2(y)},$$

gdzie:

$E_C(y)$ - wartość oczekiwana zmiennej losowej łącznego zapotrzebowania grupy m kopalń,

$S_C(y)$ - odchylenie standardowe zmiennej losowej łącznego zapotrzebowania grupy m kopalń,

$E_k(y)$ - wartość oczekiwana zapotrzebowania w k -tej kopalni,

$S_k(y)$ - odchylenie standardowe zapotrzebowania w k -tej kopalni,

m - ilość kopalń w grupie.

Uwzględnienie tych zależności szczegółowo udokumentowane jest w dostępnej literaturze, przeto w pracy przedstawiono tylko końcowe wzory. Z zależności

$$S_C(y) < \sum_{k=1}^m S_k(y),$$

wynika, że łączne gospodarowanie zasobami materiałowymi w grupie kopalń powinno być korzystniejsze od indywidualnego sposobu. Poziom nadmiar zapasu dla pokrycia ryzyka braku materiału w grupie kopalń prowadzących gospodarkę zintegrowaną może być mniejszy od sumy nadmiarów zapasów niezbędnych w indywidualnym sposobie gospodarowania.

W dalszej części rozpatruję dwa sposoby integracji:

- (1) całkowitą integrację polegającą na pełnej centralizacji służb zaopatrzeniowo-magazynowych,
- (2) ograniczoną integrację polegającą na umowie o współdziałaniu w przypadku zagrożenia wystąpienia braku materiału w kopalni.

Z charakteru analizowanych zależności wynika, że im większa będzie ilość kopalń wchodzących w skład integrującej się grupy, tym większe będą sumaryczne korzyści wynikające z tej integracji. Jednakże ze wzrostem ilości uczestników grupy bardzo silnie wzrastać będzie złożoność systemu zarządzania zintegrowanym systemem. Prace teoretyczne z tego zakresu [54] wskazują, że istnieje pewne optimum integracji zależne od ilości wzajemnych relacji w systemie zintegrowanym. W przypadku opracowywania konkretnych projektów integracji należałoby uwzględnić to kryterium.

2.1. Strategia całkowitej integracji

Strategia całkowitej integracji sterowania zasobami grupy kopalń zakłada wyodrębnienie z kopalń służb zaopatrzenia oraz utrzymywania zapasów i połączenia ich w jednostkę administracyjno-gospodarczą centralizującą dla tej grupy procesy pozyskiwania informacji i ustalania zapotrzebowania na materiały, zamawiania materiałów u dostawców, organizowanie dostaw, magazynowanie w centralnych magazynach i wydawanie materiałów na poszczególne

kopalnie. Jest to sytuacja odpowiadająca założeniom, jakie przyjęto przy organizacji "TRANSMAG"-ów.

Tworzenie takiej jednostki związane jest z szeregiem trudnych przedsięwzięć organizacyjno-prawnych i finansowo-ekonomicznych szczególnie w warunkach, gdy kopalnie uzyskują pełną samodzielność prawno-gospodarczą. Zaliczyć do nich należy:

- (1) ustalenie (stworzenie) źródeł wspólnego finansowania zakupów materiałów oraz kosztów pozyskiwania i utrzymywania materiałów,
- (2) ustalenie odpowiedzialności prawnej i gospodarczej za powstające braki materiałów,
- (3) zabezpieczenie interesu kopalń przed zjawiskiem przerostu administrowania nad ekonomią,
- (4) pozbawienie kopalń możliwości operatywnego reagowania na sytuacje powstające w ich procesach produkcyjno-wydobywczych.

Wprowadzenie strategii całkowitej integracji sterowania zaopatrzeniem i zapasami dla grupy kopalń uważam za możliwe poprzez powołanie wspólnego przedsiębiorstwa lub utworzenie przedsiębiorstwa zaopatrzenia grupy kopalń na zasadzie spółki. Umowa o powołaniu wspólnego przedsiębiorstwa lub spółki musiałaby zawierać bardzo szczegółowe klauzule regulujące i zapobiegające powstaniu wymienionych wcześniej sytuacji.

Uważam, że strategia całkowitej integracji w postaci scentralizowania służb zaopatrzeniowo-magazynowych jest praktycznie trudna do zrealizowania, głównie ze względu na pozbawienie kopalń samodzielności w decydowaniu o tak ważnym czynniku produkcji, jakim jest zabezpieczenie materiałowo-techniczne.

Mimo powyższych zastrzeżeń rozpatrzmy efekty, jakie przynosi zastosowanie strategii całkowitej integracji. Dla uproszczenia przyjmijmy, że parametry kosztowe:

- k_z - koszt jednostkowy zamówienia,
- c_u - stawka procentowa kosztów utrzymania,
- c_b - koszt jednostkowy braku materiału,

są jednakowe dla wszystkich kopalń wchodzących w skład zintegrowanej grupy oraz że przyjmują te same wartości w jednostce centralizującej zaopatrzenie.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

- m - ilość kopalń wchodzących w integrację,
- Y^m - sumaryczne roczne zapotrzebowanie na materiał we wszystkich kopalniach wchodzących w integrację,
- Y_k - roczne zapotrzebowanie na materiał w k -tej kopalni,

S^m - sumaryczne odchylenie standardowe zapotrzebowania wszystkich kopalń w rozpatrywanym cyklu zaopatrzenia,

S_k - odchylenie standardowe zapotrzebowania k-tej kopalni w rozpatrywanym cyklu zaopatrzenia,

K_C^m - sumaryczny roczny koszt całkowity zaopatrzenia i utrzymania zapasów wszystkich kopalń w warunkach strategii całkowitej integracji,

$K_C^{m'}$ - sumaryczny roczny koszt całkowity zaopatrzenia i utrzymania zapasów wszystkich kopalń w warunkach strategii indywidualnych.

Zgodnie z przyjętymi oznaczeniami możemy zapisać:

$$Y^m = \sum_{k=1}^m Y_k ,$$

$$S^m = \sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2} .$$

Korzystając z podanego w pracach [2], [4] wzoru na koszt całkowity zaopatrzenia i utrzymania zapasów, możemy zapisać:

(1) dla strategii całkowitej integracji

$$K_C^m = \sqrt{2 \cdot K_Z \cdot c \cdot c_u \cdot Y^m} = \sqrt{2 \cdot K_Z \cdot c \cdot c_u} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^m Y_k} ,$$

(2) dla strategii indywidualnych

$$K_C^{m'} = \sum_{k=1}^m \sqrt{2 \cdot K_Z \cdot c \cdot c_u \cdot Y_k} = \sqrt{2 \cdot K_Z \cdot c \cdot c_u} \cdot \sum_{k=1}^m \sqrt{Y_k} .$$

Z zależności

$$K_C^m < K_C^{m'} ,$$

$$\sqrt{\sum_{k=1}^m Y_k} < \sum_{k=1}^m \sqrt{Y_k} ,$$

wynika, że zintegrowanie magazynów i służb zaopatrzenia kopalń obniża sumaryczne koszty całkowite zaopatrzenia i utrzymania zapasów. Wielkość tego obniżenia zależy od relacji wzajemnych wielkości Y_k i może osiągnąć maksimum równe m , gdy Y_k przyjmuje jednakowe wielkości. Źródłem obniżenia kosztów całkowitych jest obniżenie kosztów transportu poprzez łączenie dostaw

strategii zintegrowanej oraz obniżenie przeciętnego zapasu sumarycznego w magazynach.

Obniżeniu ulega również poziom nadmiaru zapasu tworzony dla zabezpieczenia się przed powstawaniem braku materiałów.

$$r = \alpha \cdot S$$

gdzie:

r - wielkość nadmiaru zapasu,

α - współczynnik zależny od długości cyklu zaopatrzenia i przedziału ryzyka podejmowanego przez decydenta.

S - odchylenie standardowe zapotrzebowania w cyklu zaopatrzenia.

Stąd nadmiar w warunkach stosowania strategii całkowitej integracji wynosi:

$$r^m = \alpha \cdot S^m = \alpha \sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2},$$

a suma nadmiarów zapasu w warunkach stosowania strategii indywidualnej wynosi:

$$r^m = \sum_{k=1}^m \alpha \cdot S_k,$$

i z porównania zależności:

$$\sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2} < \sum_{k=1}^m S_k$$

wynika, że

$$r^m < r^{m'}$$

2.2. Strategia ograniczonej integracji

Aby uniknąć trudności diskutowanych w rozdziale 2.1 związanych z tworzeniem warunków do całkowitej integracji służb zaopatrzeniowo-magazynowych kopalń, proponuję rozpatrzyć strategię ograniczonej integracji.

Przez strategię ograniczonej integracji rozumiem strategię, w której kopalnie prowadzą zaopatrzenie w sposób indywidualny, natomiast zawierają porozumienie o charakterze umowy gospodarczej, na podstawie którego zobowiązują się wzajemnie do udzielania pomocy w postaci sprzedaży brakującej ilości materiału w danej kopalni. Pomoc dotyczy w zasadzie przypadków lo-

sowego zwiększenia zapotrzebowania ponad przeciętną i może być udzielona przez jedną lub więcej kopalń. Sprzedaż dokonywana jest w cenie zakupu powiększonej o koszty zaopatrzenia i utrzymywania zapasu z ewentualnym uwzględnieniem stopy inflacji tak, aby kopalnia udzielająca pomocy nie poniosła straty.

Dla tak zdefiniowanej strategii ograniczonej integracji kopalnie dokonują wyboru własnych strategii indywidualnych w zakresie ustalania częstotliwości i wielkości dostaw. W zakresie utrzymania nadmiaru zapasu każda z nich może obniżyć wielkość nadmiaru w stosunku do strategii indywidualnej o wielkość wynikającą z umowy o współpracy. Można przyjąć, że graniczną wartość wielkości nadmiaru wyznaczy przypadek, kiedy we wszystkich kopalniach dostawy zdarzą się w tym samym momencie czasowym, bo w takim przypadku poziom zapasu we wszystkich kopalniach będzie na granicy korzystania z nadmiaru zapasu. Przypadek ten w sensie logicznym jest identyczny z sytuacją realizacji dostawy w całkowicie zintegrowanym systemie.

A zatem graniczna wielkość poziomu nadmiaru dla wszystkich kopalń w systemie ograniczonej integracji powinna wynosić:

$$r^m = \alpha \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2},$$

podczas gdy w systemie w pełni indywidualnych strategii kopalni łączny nadmiar zapasu wyniosłoby:

$$r^m = \sum_{k=1}^m \alpha \cdot S_k = \alpha \cdot \sum_{k=1}^m S_k.$$

Wielkość indywidualnego nadmiaru zapasu w kopalni dla strategii ograniczonej integracji można wyznaczyć z podziału granicznej wielkości nadmiaru wszystkich kopalń proporcjonalnie do wielkości nadmiaru zapasu w kopalni dla strategii indywidualnej.

$$r_i^m = \frac{r_i}{\sum_{k=1}^m r_k} \cdot r^m = \alpha \cdot \frac{S_i}{\sum_{k=1}^m S_k} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^m S_k^2}$$

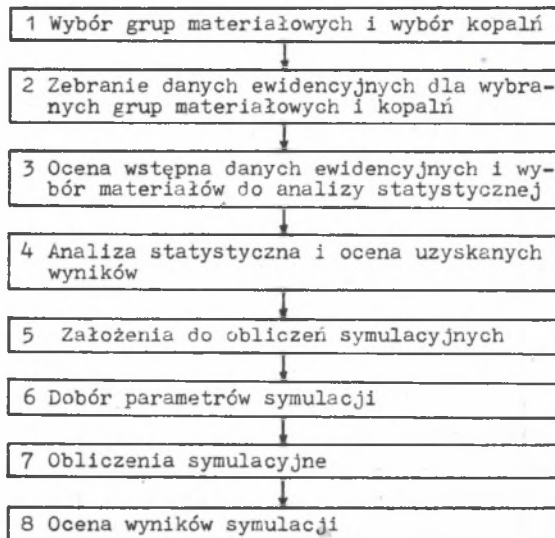
gdzie:

- r_i^m - wielkość nadmiaru zapasu i-tej kopalni w strategii ograniczonej integracji,
- $r_i \cdot r_k$ - wielkość nadmiaru zapasu i-tej (k-tej) kopalni w strategii w pełni indywidualnej,
- r^m - łączna wielkość nadmiaru zapasów wszystkich kopalń w strategii całkowitej integracji.

Jak wynika z powyższych rozważań, strategia ograniczonej integracji zachowuje w kopalni indywidualną troskę o zabezpieczenie bieżących potrzeb materiałowych na poziomie wynikającym z przeciętnego przewidywanego zapotrzebowania. Pozwala to zachować samodzielność w gospodarce, stosować optymalną strategię zaopatrzenia, opierając się na rachunku ekonomicznym (wielkości zamawiane - część zamówień). W zakresie ustalania wielkości poziomu nadmiaru zapasu niezbędnego dla redukowania kosztów braku materiału strategia ograniczonej integracji pozwala na obniżenie tej wielkości do poziomu wynikającego ze strategii całkowitej integracji. Obniżenie to osiąga się w drodze prostego porozumienia nie wymagającego rozwiązania kłopotliwych zależności finansowych i organizacyjno-prawnych, jak to ma miejsce w strategii całkowitej integracji.

3. ANALIZA MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA STRATEGII ZWIĄZANYCH ZE WSPÓLDZIAŁANIEM KOPALŃ

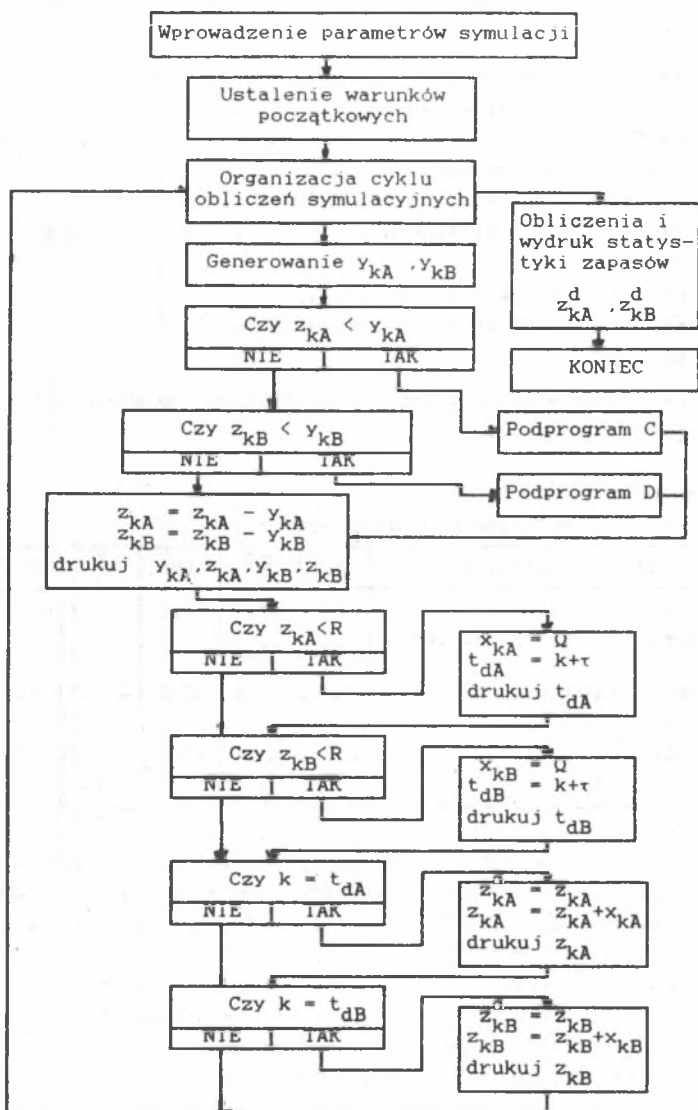
Celem analizy jest ocena na konkretnych przykładach, metodą symulacji komputerowej, wpływu strategii sterowania zapasami uwzględniających współdziałanie kopalń na przebieg zabezpieczenia materiałowo-technicznego procesu produkcji. Obliczenia symulacyjne poprzedzono analizą danych ewidencyjnych obrazujących przebieg zaopatrzenia i gospodarki zapasami wybranych materiałów w dwóch kopalniach. Analiza danych i obliczenia symulacyjne przeprowadzone będą według następującego schematu:



Rys. 1. Schemat analizy danych i obliczeń symulacyjnych

Fig. 1. Diagram of the analysis of the data simulating computations

Symulację przeprowadzono zgodnie z programem przedstawionym na rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy programu symulacji przebiegu zaopatrzenia materiałowego dla dwu kopalni A i B realizujących strategię ograniczonej integracji w modelu "Q".

Fig. 2. Block diagram of the program of simulating the course of material procurement for two mines A and B, realizing the strategy of restricted integration in model "Q".

4. OCENA WYNIKÓW SYMULACJI

Końcowe wyniki symulacji zestawilem w tablicy 1. W tablicy tej przyjąłem następujące oznaczenia:

- PNd - planowany poziom nadmiaru zapasu, tj. wielkość przyjęta do wyznaczenia parametrów symulacji,
 $\bar{N}d$ - średnia wielkość nie wykorzystanego nadmiaru zapasu w momencie poprzedzającym dostawę,
 $\sigma(Nd)$ - odchylenie standardowe nadmiaru zapasu,
 $\bar{N}b$ - średnia wielkość niedoboru materiału w momencie poprzedzającym dostawę,
 $\sigma(Nb)$ - odchylenie standardowe niedoboru,
 N-Nb - ilość cykli zaopatrzenia, w których powstała sytuacja niedoboru materiału.

Wyniki prezentowane w tablicy zostały przeliczone na wielkości odpowiadające pojedynczej kopalni.

Tablica 1

Zestawienie wyników symulacji

Lp.	Strategia zaopatrzenia	PNd	$\bar{N}d$	$\sigma(Nd)$	$\bar{N}b$	$\sigma(Nb)$	N-Nb
1	Samodzielna kopalnia	39	28.0	12.0	- 5.7	4.0	3
2	Samodzielna kopalnia z obniżonym PNd	27	13.3	9.6	- 8.5	5.4	6
3	Całkowita integracja	27	18.5	17.2	- 7.7	8.1	5
4	Ograniczona integracja						
	- kopalnia A	27	18.4	11.8	0.0	0.0	0
	- kopalnia B	27	20.0	12.3	- 7.4	1.7	2

Zebrane w tablicy 1 końcowe wyniki przebiegów symulacji potwierdzają skuteczność zaproponowanej strategii ograniczonej integracji, która obniża poziom niedoboru materiału, a przede wszystkim zmniejsza ilość cykli zaopatrzenia, w których powstają niedobory materiału.

Na szczególną uwagę zasługuje skuteczność strategii ograniczonej integracji, gdzie umowa o współdziałaniu kopalń prawie całkowicie eliminuje zagrożenie powstawania braków materiałowych. W modelu Q, który w warunkach rynkowej gospodarki zakłada możliwość składania zamówień w dowolnym czasie, istnieją warunki do zróżnicowania poziomu zapasów poszczególnych kopalń, co zapewnia skuteczność ich współdziałania.

LITERATURA

1. BOCCHINO W.A.: Systemy informacyjne zarządzania. Narzędzia i metody, WNT, Warszawa 1975.
2. MULLER Y.: Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych, PWE, Warszawa 1971.
3. MUSIOŁ N.: Podstawy gospodarki materiałowej w kopalni. Skrypty Uczelniane Pol. Śl. Nr 445, Gliwice 1972.
4. STARR M.K., MILLER D.W.: Inventory Control: Theory and Practice Prentice-hall, Inc., Englewoods Clifs. N.J. 1962. PWN, Warszawa 1970.
5. WAGNER H.M.: Badania operacyjne. PWE, Warszawa 1980.

Recenzent

Doc. dr inż. Czesław Potocki

ВОЗМОЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СИСТЕМЕ СНАБЖЕНИЯ ШАХТ

Резюме

В работе представлены принципы взаимодействия шахт в области снабжения материалами. Проведенная симуляция удовлетворения материальных потребностей для взаимодействующих шахт подтверждает обоснованность этого взаимодействия.

PROBABLE ORGANIZATIONAL SOLUTIONS IN THE SYSTEM OF PROCUREMENT IN MINES

Summary

In the paper are presented the principles of the cooperation of mines in the sphere of materials procurement. A simulation made of meeting the material demands of the cooperating mines justifies the need for such cooperation.