

DARIUSZ FUKSA*

Sposoby rozwiązywania nieliniowych problemów decyzyjnych w opracowywaniu optymalnych planów produkcji kopalń

Słowa kluczowe

Analiza postoptymalna, algorytm SIMPLEX

Streszczenie

W artykule zaprezentowano przykłady wykorzystania metody analizy postoptymalnej ilustrujące możliwość dostosowania formalnie optymalnych planów produkcji kopalń do rzeczywistych uwarunkowań rynkowych. Przedstawione przykłady korekt planów produkcji, uzyskanych z wykorzystaniem algorytmu Simplex, uzyskuje się bez konieczności uruchamiania procedury optymalizacyjnej, przy równoczesnej eliminacji nieliniowości rozpatrywanego problemu optymalizacji.

Wprowadzenie

Opracowanie optymalnego planu produkcji i sprzedaży węgla, który był przedmiotem wielu badań na przełomie kilkudziesięciu ostatnich lat i który nie znajduje w obecnej chwili praktycznego zastosowania, mogłoby się okazać bardzo pomocne w zarządzaniu kopalnią, a w szczególności w podejmowaniu decyzji strategicznych dotyczących zarządzania kopalnią bądź spółką. Uzupełnienie powyższego planu metodą analizy postoptymalnej stwarza narzędzie umożliwiające urealnianie opracowanych planów produkcji i zbytu węgla, jak również podejmowanie racjonalnych decyzji oraz zarządzanie przedsiębiorstwem górnictwem bądź spółką w sposób przynoszący największe korzyści.

* Dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

Formułując często jakieś zagadnienie praktyczne nie dysponujemy pełną informacją o rzeczywistych warunkach w jakich zostanie podjęta decyzja. Może się okazać, że model matematyczny za pomocą którego opisaliśmy dane zagadnienie jest nieadekwatny do sytuacji w jakiej należy podjąć decyzję. Uzyskane na podstawie tego modelu rozwiązanie optymalne często nie jest w nowej sytuacji optymalne, ani nawet dopuszczalne. Należałoby więc zbudować model matematyczny nowego zagadnienia lub dokonać odpowiednich poprawek i rozwiązać go od początku. Przy dużej liczbie zmiennych i warunków ograniczających jest to dość czasochłonne. W większości przypadków o wiele łatwiej znaleźć rozwiązanie optymalne nowego modelu, startując z rozwiązania optymalnego modelu pierwotnego. I tu właśnie pomocna staje się metoda analizy postoptymalnej, która w sposób łatwy i prosty umożliwi decydentowi dokonanie modyfikacji rozwiązania optymalnego, bez konieczności powtórnego rozwiązywania zadania, co w sposób istotny skraca czas obliczeń.

W obecnych warunkach gospodarczych, przede wszystkim dużej konkurencji oraz spadku zapotrzebowania na węgiel, polskie górnictwo musi posiadać skuteczne metody zarządzania, a w szczególności planowania produkcji i jej kontroli. W obecnych warunkach organizacyjnych racjonalizacja ta może polegać na wykorzystaniu metod optymalizacji produkcji i sprzedaży węgla w odniesieniu do grupy kopalń, a mianowicie spółki bądź holdingu. Metoda optymalizacji, by stać się skutecznym narzędziem zarządzania musi być uzupełniona metodą analizy postoptymalnej. Analiza postoptymalna stanowi narzędzie proste, a zarazem skuteczne, które w sposób łatwy i przystępny pozwala decydentowi na podejmowanie racjonalnych decyzji produkcyjnych.

Jej podstawą są dane otrzymane przez algorytm SIMPLEX, stanowiące optymalne rozwiązanie problemu produkcji i sprzedaży węgla kamiennego. Pierwszym etapem jest więc sprecyzowanie modelu matematycznego, który możliwie najwierniej opisuje dany problem. W wyniku optymalizacji otrzymuje się optymalny program produkcji i zbytu węgla z punktu widzenia przyjętego kryterium. Otrzymane rozwiązanie chociaż jest optymalne, nie musi być koniecznie realne z punktu widzenia interesów spółki. Należy wówczas przeprowadzić modyfikację planów produkcyjnych kopalń dostosowując je do rzeczywistych warunków wewnętrznych i zewnętrznych. Przykładem tego może być zaprezentowane w niniejszej publikacji eliminowanie małych strumieni zbytu czy też modyfikowanie poziomu rezerw produkcyjnych. Te i inne korekty można sprawnie przeprowadzić właśnie metodą analizy postoptymalnej. Często też pożądane korekty (jak powyższe) implikują zadanie nieliniowe. Ponadto analiza postoptymalna umożliwi również obiektywną ocenę celowości strat jakie pociągają za sobą korekty przez porównanie ich z wynikającymi korzyściami z modyfikacji planu i pozwala na ustalenie racjonalnego w danych warunkach programu produkcji i sprzedaży węgla.

Metoda racjonalizacji decyzji produkcyjnych stanowi powiązanie efektów optymalizacji programów produkcji i sprzedaży węgla (z wykorzystaniem algorytmu SIMPLEX) z opracowaną algorytmicznie wieloaspektową analizą postoptymalną. Opracowany i dostosowany do warunków grupy kopalń (spółki, kompanii) model optymalizacji przedstawia się następująco (Fuksa 2003; Jabłońska-Firek 1979):

Funkcja celu (wskaźnik jakości):

$$F = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{r_j} \sum_{k=1}^{m_{ij}} (c_{ijk} - kz_{ijk}) \cdot x_{ijk} - \sum_{j=1}^p Ks_j \rightarrow \max \quad (1)$$

Warunki ograniczające:

$$\sum_{i=1}^{r_j} \sum_{k=1}^{m_{ij}} x_{ijk_n} \leq Z_k \quad \text{dla każdego } k \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{r_j} \sum_{n=1}^{m_{ij}} x_{ijk_n} \cdot b_{ijk_n} \leq Qs_j \quad \text{dla każdego } j \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{r_j} \beta_{ij} = 1 \quad \text{dla każdego } j \quad (4)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad (5)$$

gdzie:

- c_{ijk} — cena ij -tego rodzaju węgla akceptowana przez k -tą grupę zapotrzebowania,
- kz_{ijk} — jednostkowy koszt zmienny i -tego rodzaju węgla w warunkach j -tej kopalni,
- Ks_j — całkowity koszt stały produkcji w warunkach j -tej kopalni,
- x_{ijk} — wydobycie netto węgla ij -tego rodzaju akceptowanego przez k_n -tą grupę rodzajową zapotrzebowania,
- Z_k — zapotrzebowanie k -tej grupy rodzajowej odbiorców,
- Qs_j — całkowite sumaryczne wydobycie brutto j -tej kopalni,
- i — indeks rodzaju węgla, $i = 1, 2, \dots, r_j$,
- j — indeks kopalni; $j = 1, 2, \dots, p$,
- k_n — indeks grupy zapotrzebowania; $k = 1, 2, \dots, m_{ij}$, gdzie m_{ij} oznacza licznosc zbioru k_n dla ij -tego rodzaju węgla,
- b_{ij} — przelicznik brutto/netto,
- β_{ij} — udział wydobycia danego rodzaju węgla w całkowitym wydobyciu brutto kopalni.

1. Istota oraz przydatność analizy postoptymalnej w decyzjach produkcyjnych

Tablica końcowa SIMPLEX stanowi punkt wyjścia do przeprowadzenia analizy postoptymalnej. Zawiera ona pełny zestaw równań bilansowych i współczynników wrażliwości funkcji celu na zmiany zmiennych decyzyjnych. Formalnym punktem wyjścia jest zatem rozwiązanie optymalne, które w odniesieniu do zmiennych bazowych i niebazowych oraz wskaźnika jakości reprezentują równania (Fuksa 2003; Jabłońska-Firek 1979; Jabłońska-Firek 1992; Jawień i in. 1996):

$$X^B = [A^B]^{-1} \cdot B - [A^B]^{-1} \cdot A^N \cdot x^N \quad (6)$$

$$J = c^{BT} \cdot [A^B]^{-1} \cdot B - \left[[c^{BT} \cdot [A^B]^{-1} \cdot A^N]^T - c^N \right]^T \cdot x^N \quad (7)$$

gdzie:

- x^B, x^N — wektory zmiennych decyzyjnych odpowiednio bazowych i niebazowych,
- A^B, A^N — podmacierze macierzy A (A – macierz współczynników warunków ograniczających),
- B — wektor prawych stron równania,
- c^B, c^N — podwektory współczynników funkcji celu,
- J — funkcja celu (wskaźnik jakości).

Po podstawieniach i uproszczeniach otrzymujemy wzory bezpośrednio wykorzystywane w analizie postoptymalnej (Fuksa 2003; Jawień i in. 1996):

$$X^B = X^{BO} = X^{BO} - A^O \cdot x^N \quad (8)$$

oraz

$$J = J^O - c^{OT} \cdot x^N \quad (9)$$

gdzie:

- x^{BO} — wektor optymalnych wartości zmiennych bazowych,
- c^O — ceny dualne zmiennych niebazowych, ≥ 0 w przypadku maksymalizacji wskaźnika jakości i ujemne w przypadku minimalizacji,
- A^O — macierz współczynników rozwiązania optymalnego,
- J^O — optymalna wartość wskaźnika jakości.

Jak wynika z zależności (8), analiza postoptymalna umożliwia dokonywanie zmian wybranych zmiennych decyzyjnych przy zachowaniu dopuszczalności rozwiązania, tj. z za-

możliwości produkcyjne wraz z wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi ujęto w tabeli 1. Rozwiązanie otrzymywane na podstawie powyższego modelu algorytmem SIMPLEX w postaci rocznego optymalnego planu produkcji dla spółki nie zostało załączone ze względu na jego obszerność (szczegółowe dane znajdują się w pracy (Fuksa 2003). Autor ograniczył się jedynie do przedstawienia algorytmów wybranych procedur korekcyjnych wraz z przykładami liczbowymi praktycznego ich wykorzystania.

2. Algorytm korekty rezerw

Często rozwiązania optymalne programu produkcji i sprzedaży węgla ujawniają rezerwy będące niewykorzystanymi zdolnościami produkcyjnymi kopalni. Są one wynikiem nadmiernego potencjału produkcyjnego w stosunku do zapotrzebowania odbiorców. Proponowany algorytm umożliwi zmniejszenie rezerw w tych kopalniach, w których jednostkowy koszt ich utrzymania rośnie ze wzrostem ich wielkości, i ich zwiększenie w kopalniach o mniejszym koszcie. Pomija się w ten sposób sygnalizowany efekt nieliniowy, pominięty w modelu zadania.

Modyfikując rozwiązanie bazowe należy mieć na uwadze minimalizację strat wskaźnika jakości. Obniżenie rezerw wybranej kopalni przeprowadza się według następującej procedury (Fuksa 2003, 2004; Fuksa, Jabłońska-Firek 2004; Jawień 1996):

1. Z układu równań (8), wybiera się równanie, które odpowiada korygowanej zmiennej bazowej x_i^B . Wiąże ono rezerwy wybranej kopalni z rezerwami pozostałych kopalń i ma postać:

$$x_i^B = -\sum_j a_{ij}^O \cdot x_j^N \quad (10)$$

gdzie:

- a_{ij}^O — i -ty element A^O w j -tej kolumnie,
- x_j^N — wartość j -tej zmiennej niebazowej.

Jak można zauważyć, zmiana zmiennej bazowej x_i^B o jednostkę wymaga zmiany dowolnej zmiennej niebazowej x_j^N o $\frac{1}{a_{ij}^O}$. Zmienna x_j^N musi być dodatnia ze względu na

dopuszczalność rozwiązania.

2. Na podstawie równania (10) wybierana jest zmienna bazowa, która określa w tablicy SIMPLEX rozwiązania bazowego optymalizacji swoją pozycją (numer wiersza – n). Następnie dla tej zmiennej wybiera się taką zmienną spośród wszystkich zmiennych niebazowych, dla których iloraz:

$$\frac{c_j^O}{a_{ij}^O} \quad (11)$$

jest najmniejszy. Jest to jednostkowy koszt zmiany wybranej zmiennej bazowej. Koszt ten można skorygować ze względu na wzmiankowane nieliniowości. Tak więc realizacja punktu 2 procedury sprowadza się do znalezienia kopalni, której rezerwy kosztują najmniej.

3. Na podstawie zależności (11) wybiera się zmienną niebazową x_k^N . Przy zmianie zmiennej musi być spełniony warunek:

$$x_i^B + a_{ik}^O \cdot x_k^N \geq 0 \quad (12)$$

Powiązanie bilansowe zmiennej ze zmiennymi bazowymi na bazie współczynników wybranej kolumny k przedstawia się następująco:

$$x_i^B = x_i^B - a_{ik}^O \cdot x_k^N \quad (13)$$

gdzie:

x_i^B — nowa wartość i -tej zmiennej bazowej.

4. Wybieramy z układu równań (13) to równanie, dla którego iloraz:

$$\frac{x_i^B}{a_{ik}^O} > 0 \quad (14)$$

jest najmniejszy i dodatni. Stanowi on maksymalną wartość, o jaką można zwiększyć zmienną niebazową, nie powodując przekroczenia ograniczeń modelu.

5. Jeżeli zmiana jest zadowalająca z punktu widzenia decydenta, to wymaganą korektę i -tej zmiennej bazowej dokonuje się zwiększając k -tą zmienną niebazową o wartość $\frac{x_i^B}{a_{ik}^O}$. Daje

to minimalny spadek wartości wskaźnika jakości. Na podstawie wzoru (13), dla tak określonej wartości zmiennej niebazowej oblicza się pozostałe wartości zmiennych bazowych i procedura obliczeniowa zostaje zakończona.

6. Jeżeli warunek (14) nie jest spełniony dla żadnego z równań, procedurę obliczeniową rozpoczyna się od początku wyłączając k -tą zmienną niebazową.

W przypadku dokonywania przez decydenta arbitralnej zmiany zmiennej niebazowej, metodyka postępowania ogranicza się do punktów 4 i 5.

Optymalny plan produkcji po korekcie zmniejszenia rezerw kopalni „D”

The optimal plan of production after correction of decrease of resist mine “D”

Spółka „Alfa”				
Oferta: 15 949 350 ton	Zysk brutto: 335 078 926,63 zł			
Sprzedano: 11 442 101 ton	Rezerwy spółki: 1 550 010 ton			
Kopalnia „B”				
Oferta: 793 500 ton	Zysk brutto: -5 011 312,2 zł			
Sprzedano: 110 393 ton	Rezerwy kopalni: 437 385 ton			
Odbiorca	Sortyment	Nowa ilość sprzedaży [t]	Bazowa ilość sprzedaży [t]	Różnica + wzrost - spadek
Paleniska ruszt. 3	miał II	110 393	112 673	-2 280
Magazyn	w. koksowy	245 722	250 787	-5 065
Kopalnia „D”				
Oferta: 3 174 000 ton	Zysk brutto: 141 056 214,63 zł			
Sprzedano: 2 271 084 ton	Rezerwy kopalni: 877 595 ton			
Eksport 1	w. koksowy	24 324	24 324	0
Eksport 2	w. koksowy	287 359	287 359	0
Eksport 3	w. koksowy	233 299	233 299	0
Ludność 2	kostka	50 390	40 512	9 878
Ludność 3	miał IIA	888 560	703 929	184 631
Paleniska ruszt. 3	miał II	11 487	9 207	2 280
Koksownie 2	w. koksowy	78 136	78 136	0
Koksownie 1	w. koksowy	650 139	398 899	251 240
Paleniska kom. 1	miał IIA	47 390	47 390	0
Magazyn	miał I	25 321	20 256	5 065
Kopalnia „F”				
Oferta: 3 385 600 ton	Zysk brutto: 32 309 791,64 zł			
Sprzedano: 2 579 790 ton	Rezerwy kopalni: 235 030 ton			
Eksport 7	kostka	167193	175 551	-8 358
Eksport 8	orzec II	51 881	51 881	0
Eksport 9	miał II	998 845	998 845	0
Ludność2	Kostka	58 091	67 968	-9 877
Koksownie 1	w. koksowy	0	251 240	-251 240
Kotły pyłowe	miał I	243 520	243 520	0
Kotły pyłowe	miał IIA	21 903	23 675	-1 772
Kotły pyłowe	miał II	1 038 357	1 202 980	-164 623
Magazyn	w. koksowy	497 503	286 532	210 971
Magazyn	orzec	4 440	8 999	4 559
Magazyn	muly	68 837	74 409	-5 572
Kopalnia „G”				
Oferta: 3 041 750 ton	Zysk brutto: 35 830 469,16 zł			
Sprzedano: 1 933 659 ton	Rezerwy kopalni: 0 ton			
Eksport 7	kostka	70 928	62 570	8 358
Eksport 9	miał IIA	206 632	206 632	0
Ludność 3	miał II	426 522	611 153	-184 631
Kotły pyłowe	miał IIA	12 155	12 155	0
Kotły pyłowe	miał II	1 183 996	999 365	184 631
Paleniska kom. 2	miał II	33 426	33 426	0
Magazyn	kostka	35 427	43 785	-8 358
Magazyn	orzec	15194	15 194	0
Magazyn	w. koksowy	1 057 470	1 057 470	0

2.1. Ocena skutków założonej korekty rezerw

Przeanalizowano skutki obniżenia rezerw produkcyjnych kopalni „D”, które wynosiły 1 330 689 ton (Fuksa 2003). Wyniki obliczeń, na podstawie powyższego algorytmu, przedstawiono w tabeli 2. Konstrukcja tablic umożliwia odczytanie wprost jakie zmiany nastąpiły w optymalnych planach produkcyjnych kopalń w wyniku zastosowania danej strategii. Jeżeli dana strategia nie spowodowała żadnych zmian w planie produkcyjnym którejkolwiek z kopalń, wówczas plan dla niej jest pomijany w zestawieniu.

Zmniejszenie rezerw kopalni „D” spowodowało wzrost jest sprzedaży o 25% oraz zysku brutto o 82%, tj. 63 583 865,53 zł. W odniesieniu do pozostałych kopalń strategia ta spowodowała:

- 1) zwiększenie rezerw kopalni „B” o 7345 ton, zwiększenie straty o prawie 2,7% oraz spadek sprzedaży o 2280 ton.
- 2) wystąpienie rezerw produkcyjnych w kopalni „F” w wysokości 235 030 ton, sprzedaż spadła o 17% (435 870 ton), zysk spadł o prawie 42% (32 309 791,64 zł).
- 3) wzrost sprzedaży kopalni „G” o 0,44% (8358 ton), wzrost zysku o 5,28% (35 830 469,16 zł).
- 4) plany produkcyjne kopalń „A”, „C” oraz „E” nie uległy zmianie.

Analizując wyniki spółki można stwierdzić, że w wyniku przyjętej strategii ilość sprzedaży wzrosła nieznacznie o 0,16% (18 236 ton); rezerwy spadły o prawie 21%, tj. o 325 073 ton. Osiągnięty zysk w porównaniu do planu pierwotnego spadł o 0,44%, tj. o 1 491 173,34 zł.

3. Algorytm koncentracji kierunków zbytu

Algorytm SIMPLEX działa na takiej zasadzie, że przy drobnych zmianach funkcji celu w wyniku optymalizacji otrzymamy plan optymalny (z matematycznego punktu widzenia), ale nie koniecznie racjonalny z ekonomicznego punktu widzenia. W związku z tym celowe jest przeprowadzanie modyfikacji rozwiązania poprzez odpowiednie korekty. Koncentracja kierunków zbytu ma na celu zmniejszenie liczby „strumieni” zbytu (odbiorców), w których sprzedawane są niekiedy niewielkie ilości produkcji (np.: 3377 ton). W celu zrealizowania powyższej strategii należy przyjąć minimalną wartość „strumienia” zbytu (przy jakim strategia jest opłacalna). Przeszukujemy wszystkie zmienne bazowe i zerujemy te, których wielkość jest mniejsza niż przyjęty minimalny strumień zbytu. Dla każdej z zerowanych zmiennych bazowych wybieramy taką zmienną niebazową (wzór (12)), która implikuje najmniejszą liczbę zmian zmiennych bazowych. Powoduje to minimalną zmianę planu optymalnego produkcji i sprzedaży węgla.

3.1. Ocena skutków założonej korekty kierunków zbytu

Analizując plan optymalny spółki zauważono niewielkie ilości sprzedaży w następujących kopalniach (Fuksa 2003):

- kopalnia „D” – 9207 ton dla odbiorcy Paleniska rusztowe 3,
- kopalnia „E” – 3377 ton dla Paleniska komunalne 2.

Optymalny plan produkcji po korekcie kierunków zbytu

TABELA 3

Optimal plan of production after correction of directions sale

TABLE 3

Spółka „Alfa”				
Oferta: 15 949 350 ton	Zysk brutto: 336 235 935,96 zł			
Sprzedano: 11 420 487 ton	Rezerwy spółki: 1 848 758 ton			
Kopalnia „B”				
Oferta: 793 500 ton	Zysk brutto: -4 352 247 zł			
Sprzedano: 121 880 ton	Rezerwy kopalni: 400 337 ton			
Odbiorca	Sortyment	Nowa ilość sprzedaży [t]	Bazowa ilość sprzedaży [t]	Różnica + wzrost - spadek [t]
Paleniska ruszt. 3	miał II	121 880	112 673	9 270
Magazyn	w. koksowy	271 283	250 787	20 496
Kopalnia „D”				
Oferta: 3 174 000 ton	Zysk brutto: 76 137 859 zł			
Sprzedano: 1 813 848 ton	Rezerwy kopalni: 1 339 896 ton			
Eksport 1	w. koksowy	24 324	24 324	0
Eksport 2	w. koksowy	287 359	287 359	0
Eksport 3	w. koksowy	233 299	233 299	0
Ludność 2	kostka	40 512	40 512	0
Ludność 3	miał IIA	703 929	703 929	0
Paleniska ruszt. 3	miał II	0	9 207	-9 207
Koksownie 2	w. koksowy	78 136	78 136	0
Koksownie 1	w. koksowy	398 899	398 899	0
Paleniska kom. 1	miał IIA	47 390	47 390	0
Magazyn	miał I	20 256	20 256	0
Kopalnia „E”				
Oferta: 2 988 850 ton	Zysk: 75 605 501 zł			
Sprzedano: 2 949 351 ton	Rezerwy kopalni: 0 ton			
Eksport 2	w. koksowy	32 877	32 877	0
Eksport 8	orzecch	38 855	38 855	0
Ludność 2	kostka	215 197	215 197	0
Kotły pyłowe	miał I	206 231	206 231	0
lin0Kotły pyłowe	miał IIA	1 545 235	1 545 235	0
Kotły pyłowe	miał II	863 778	863 778	0
Paleniska ruszt. 4	muły	47 178	47 178	0
Paleniska kom. 2	muły	0	3 377	-3 377
Magazyn	muły	45 329	36 122	9 207
Kopalnia „G”				
Oferta: 3 041 750 ton	Zysk brutto: 33 913 314 zł			
Sprzedano: 1 933 659 ton	Rezerwy kopalni: 0 ton			
Eksport 7	kostka	62 570	62 570	0
Eksport 9	miał IIA	206 632	206 632	0
Ludność 3	miał II	601 946	611 153	-9 207
Kotły pyłowe	miał IIA	12 155	12 155	0
Kotły pyłowe	miał II	999 365	999 365	0
Paleniska kom. 2	miał II	42 633	33 426	9 207
Magazyn	kostka	43 785	43 785	0
Magazyn	orzecch	15 194	15 194	0
Magazyn	w. koksowy	1 057 470	1 057 470	0

Przyjęto, że minimalny optymalny strumień zbytu będzie wynosił 9207 ton. Obliczenia zestawiono w tabeli 3.

Analizując nowy plan optymalny można stwierdzić, że:

1. Rezerwy kopalni „B” spadły o 29 703 tony (o ok. 7%), strata zmalała prawie o 11%, tj. 528 045 zł, sprzedaż wzrosła o 7,6%.
2. W kopalni „D” sprzedaż spadła o 0,5%, rezerwy wzrosły o 0,7%, a zysk spadł o 1,7%, tj. o 1 334 490,2 zł.
3. Zysk kopalni „E” spadł o 0,6% (512 999,95 zł), sprzedaż zmalała o 0,12%.
4. W kopalni „G” nastąpił wzrost zysku o 118 324 zł (0,35%) oraz sprzedaży o 0,48%.

Z punktu widzenia interesów spółki, możliwy do osiągnięcia przez nią zysk zmalał o 0,01% (334 164,1 zł). Sprzedaż zmalała o 0,03% (o 3 377 ton), a rezerwy spadły o 1,4%, tj. o 26 325 ton.

Podsumowanie

1. Proponowana metoda umożliwia badanie i ocenę dodatkowych, uznanych za istotne oraz zmiennych w czasie przesłanek praktycznych, nie uwzględnionych w modelu ogólnym optymalizacji.
2. Zaprezentowane przykłady praktycznego wykorzystania metody ilustrują możliwości ilościowego ujmowania skutków ekonomicznych ewentualnych korekt, w tym dostosowania planów produkcji i sprzedaży węgla do realnych zmian zarówno poziomu, jak i struktury zapotrzebowania.
3. Zweryfikowane za pomocą opracowanej metody programy produkcji i sprzedaży węgla jako odpowiadające spełnieniu założonego kryterium optymalizacji w urealnionych, dzięki analizie postoptymalnej, warunkach uznaje się za racjonalne w warunkach rozpatrywanej sytuacji decyzyjnej.
4. Zaprezentowana metoda umożliwia dostosowywanie decyzji produkcyjnych do istotnych, dodatkowych uwarunkowań, zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych, oraz zmian tych uwarunkowań przy pełnej świadomości skutków rozpatrywanych alternatywnych decyzji.

Publikacja opracowana w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.972

LITERATURA

- Fuksa D., 2003 – Analiza postoptymalna jako metoda racjonalizacji decyzji produkcyjnych w spółce węglowej. Praca doktorska. Kraków.
- Fuksa D., 2004 – Korekta optymalnego planu produkcji spółki węglowej z wykorzystaniem analizy. Wiadomości Górnicze, nr 10, s. 429–434.

- Fuksa D., Jabłońska-Firek B., 2004 – Wykorzystanie analizy postoptymalnej pod kątem dostosowania decyzji produkcyjnych do rzeczywistych uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych. *Górnictwo i Geoinżynieria*: kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, 4/2, s. 83–94.
- Jabłońska-Firek B., 1979 – Metoda optymalizacji ilościowo-jakościowej struktury wydobycia węgla kamiennych. Praca doktorska. Kraków.
- Jabłońska-Firek B., 1992 – Efektywność pozyskiwania i użytkowania węgla kamiennego z uwzględnieniem uwarunkowań ekologicznych. Praca habilitacyjna, Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo. Kraków.
- Jawień M., Jabłońska-Firek B., Duda J., 1996 – Makroekonomiczne sterowanie górnictwem węgla kamiennego w Polsce. Kraków. PWN.

DARIUSZ FUKSA

**THE WAYS OF SOLVING NON-LINEAR DECISION PROBLEMS THROUGH APPLICATION
OF OPTIMAL PRODUCTION PLANS FOR MINES**

Key words

Post-Optimal analysis, algorithm Simplex

Abstract

This article showed examples of using the post-optimal analysis method to illustrate the possibilities of adjusting formally optimal production plans of coalmines to actual market conditions. The presented examples of correct production plans, achieved with the use of the Simplex algorithm, are accomplished without the utilization of optimization procedures, and with parallel elimination of non-linear optimization problem