

## DOBÓR ASORTYMENTU PRODUKCJI ZAKŁADU ODLEWNICZEGO

J. PIĄTKOWSKI<sup>1</sup>, J. SZYMSZAL<sup>2</sup> F. BINCZYK<sup>3</sup>

Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów, Politechnika Śląska,  
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Polska

### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono jedną z sytuacji decyzyjnych optymalnego wyboru asortymentu produkcji zakładu odlewniczego, rozwiązaną przy pomocy programu liniowego. Program ten opiera się na modelu matematycznym, w którym zarówno warunki ograniczające, jak i funkcja celu są w postaci wektorowej. Zadanie optymalizacyjne rozwiązano algorytmem simpleks, który jest jedną z metod rozwiązywania programowania liniowego. Stwierdzono, że problemy z zakresu badań operacyjnych można rozwiązywać stosując arkusze kalkulacyjne (np. Excel), zamiast dróg, specjalistycznych pakietów komputerowych.

*Key words: linear programming, algorithm simplex and module Solver*

### 1. WPROWADZENIE

Nowoczesne przedsięwzięcia wytwórcze i dystrybucyjne, wymuszają stosowanie badań operacyjnych oraz analizy rachunków optymalizacyjnych, ułatwiających podejmowanie trafnych decyzji gospodarczych. Prawidłowe określenie zakresów stabilności zadania optymalnego pozwala na właściwe podejmowanie decyzji menedżerskich, co daje przewagę nad tymi, którzy działają bez znajomości podstawowych zagadnień logistycznych w produkcji [1]. Zakład metalurgiczny może produkować określoną liczbę jednostek produkcyjnych (j. pr.) wyrobów, a do ich realizacji wykorzystać różne środki produkcji, z których część jest dostępna tylko w ograniczonych ilościach.

---

<sup>1</sup> dr inż.

<sup>2</sup> dr inż.

<sup>3</sup> dr hab. inż. Prof. Pol. Śl



### 3. METODYKA BADAŃ

Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego wykorzystano moduł Solver [3]. Jest to narzędzie Excela, umożliwiające określenie więcej niż jednej zmieniających się komórek wejściowych. Zadanie to jest oparte o dodatkowe założenia odnoszące się do sposobu zmian komórek decyzyjnych, przy generowaniu rozwiązania znajdującego minimum lub maksimum określonej funkcji celu, która przyjmuje następującą postać:

$$1800 \cdot x_1 + 2400 \cdot x_2 + 3000 \cdot x_3 \rightarrow \max, \quad (3)$$

gdzie:

$x_1, x_2, x_3$  – odpowiednia ilość odlewu O1; O2 oraz odlewu O3.

Dane potrzebne do obliczenia zmiennych decyzyjnych funkcji celu przedstawiono na rysunku 1.

	A	B	C	D	E
1	<b>FUNKCJA CELU</b>				
2	<b>RODZAJ</b>	<b>ODLEW 1</b>	<b>ODLEW 2</b>	<b>ODLEW 3</b>	<b>KOMÓRKA</b>
3	<b>ZYSK / 1szt.</b>	1 800,00 zł	2 400,00 zł	3 000,00 zł	<b>CELU</b>
4	<b>ILOŚĆ [sztuk]</b>	0	0	0	0
5					

Rys.1. Definicja funkcji celu

Fig.1. Definition of aim function

Zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 1, do komórek B3:D3 wprowadzono zysk jednostkowy ze sprzedaży odlewów, natomiast w bloku komórek B4:D4 (są to zmienne decyzyjne) wprowadzono zera, gdyż Solver oblicza optymalizowane ilości produkowanych odlewów. W komórce E4, (komórka celu), przy pomocy funkcji  $=SUMA.ILOCZYNOW(B4:D4;B3:D3)$ , określono sumaryczny zysk ze sprzedaży optymalnej ilości produkowanych odlewów dwuwarstwowych.

Ze względu na limitowany czas pracy pieców indukcyjnych, dokonano ograniczeń (warunków ograniczających „ $W_n$ ”), do których należą:

$$(W1) - 5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + x_3 \leq 36000 \text{ [h]} - \text{co do czasu pracy pieca I,}$$

$$(W2) - x_1 + 2 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 \leq 48000 \text{ [h]} - \text{co do czasu pracy pieca II,}$$

warunków, wynikających z zapotrzebowania odbiorców na poszczególne odlewy, a także prowadzonej gospodarki magazynowo – transportowej:

(W3) - zapotrzebowanie odbiorców na odlew 1 wynosi nie więcej niż 200 sztuk,

(W4) - odlewnia potrzebuje 120 sztuk odlewu 2 jako rezerwę dla kooperanta, oraz

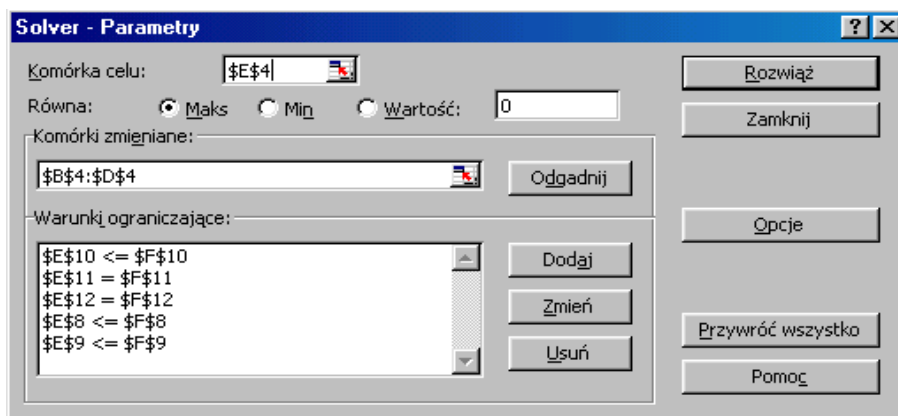
(W5) - 60 sztuk odlewu 3 na wywiązanie się z zaległego zamówienia.

Tak zdefiniowane warunki ograniczające wprowadzono do Excela, (rys. 2).

=SUMA.ILOCZYNÓW(\$B\$4:\$D\$4;B9:D9)						
A	B	C	D	E	F	
<b>WARUNKI OGRANICZAJĄCE</b>						
<b>W.OGR.</b>				<b>L. STRONA</b>	<b>P. STRONA</b>	
<b>PIEC I</b>	5	3	1	<b>0</b>	3600 [h]	
<b>PIEC II</b>	1	2	4	<b>0</b>	4800 [h]	
<b>ODLEW 1</b>	1			<b>0</b>	200 sztuk	
<b>ODLEW 2</b>		1		<b>0</b>	120 sztuk	
<b>ODLEW 3</b>			1	<b>0</b>	60 sztuk	

Rys.2. Zdefiniowane warunki ograniczające  
Fig.2. Defined restrictive conditions

Następnie, z menu Narzędzia wybrano moduł Solver i wypełniono okno dialogowe *Solver-Parametry*. Adresujemy komórkę celu przypisując jej wartość maksymalną, definiujemy komórki zmiennych decyzyjnych oraz wprowadzamy warunki ograniczające. W analizowanym przykładzie komórką wynikową (celu) jest komórka E4 (rys.1), gdyż formuła w niej zawarta wylicza całkowity zysk ze sprzedaży wszystkich wyprodukowanych odlewów, dlatego komórkę tą indeksujemy jako wartość *Maks*. W polu komórki zmieniane, zaznaczono blok komórek B4-D4, czyli optymalizowane ilości poszczególnych odlewów, przy produkcji których, zysk z ich sprzedaży będzie maksymalny. Obszar warunków ograniczających, wypełniono zgodnie z wcześniej podanymi założeniami, co przedstawiono na rysunku 3.



Rys.3. Okno dialogowe Solver – Parametry  
Fig.3. Window dialogue Solver – Parameters

W celu rozwiązania zagadnienia należy uruchomić okno dialogowe *Solver-Opcje* (wybierając przycisk *Opcje*) i zadeklarować liniowość zadania optymalizacyjnego oraz

nieujemność zmiennych decyzyjnych. Rozwiązanie optymalnego doboru asortymentu produkcji zakładu odlewniczego przedstawia rysunek 4.

**9**      **=** =SUMA.ILOCZYNÓW(\$B\$4:\$D\$4;B9:D9)

	A	B	C	D	E	F
1	<b>FUNKCJA CELU</b>					
2	<b>RODZAJ</b>	<b>ODLEW 1</b>	<b>ODLEW 2</b>	<b>ODLEW 3</b>	<b>KOMÓRKA</b>	
3	<b>ZYSK / 1szt.</b>	1 800,00 zł	2 400,00 zł	3 000,00 zł	<b>CELU</b>	
4	<b>ILOŚĆ [sztuk]</b>	<b>200</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>828 000,00 zł</b>	
5						
6						
7	<b>WARUNKI OGRANICZAJĄCE</b>					
8	<b>W.OGR.</b>				<b>L. STRONA</b>	<b>P. STRONA</b>
9	<b>PIEC I</b>	5	3	1	<b>1420</b>	3600 [h]
10	<b>PIEC II</b>	1	2	4	<b>680</b>	4800 [h]
11	<b>ODLEW 1</b>	1			<b>200</b>	200 sztuk
12	<b>ODLEW 2</b>		1		<b>120</b>	120 sztuk
13	<b>ODLEW 3</b>			1	<b>60</b>	60 sztuk

Rys.4. Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego  
Fig.4. Solution of assignment optimisation

#### 4. ANALIZA WYNIKÓW

Z uzyskanego rozwiązania zadania optymalizacyjnego wynika, że maksymalny, przy danych warunkach ograniczających, zysk wyniesie około 828000 zł. Osiągnięcie tego celu jest możliwe po wyprodukowaniu 200 sztuk odlewu O1, 120 sztuk odlewu O2 oraz 60 sztuk odlewu O3. Wartości komórek zmiennych decyzyjnych wskazują, iż ilości poszczególnych odlewów dwuwarstwowych zostały spełnione.

Z bloku warunków ograniczających dotyczących zasobów czasu pracy pieców indukcyjnych wynika, że warunki te są luźne (nie wiążące) przy decyzji optymalnej. Wskazuje o tym wartość lewych stron dwóch pierwszych warunków ograniczających, które podają, iż do wytworzenia optymalnej ilości produkowanych odlewów dwuwarstwowych wystarczy 1420 godzin pracy pieca PI oraz 680 godzin pracy pieca PII. Na tej podstawie można stwierdzić, że przy optymalnym planie produkcji odlewów, oszczędności wynikające z czasu pracy urządzeń grzewczych (ograniczenie typu  $\leq$ ) wynoszą odpowiednio: 2180 godzin dla pieca P I oraz aż 4120 godzin dla pieca P II. Analizując kolejne warunki ograniczające, wynikające z zapotrzebowania odbiorców na poszczególne odlewy, widać, iż warunek 3, który dotyczy ilości produkcji odlewu 1 jest wiążący, (świadczy o tym ograniczenie typu  $\leq$ ). Jednakże, moduł Solver podaje, że liczba produkowanych odlewów 1 musi być dokładnie równa 200 sztuk przy decyzji optymalnej. Ostatnie dwa warunki ograniczające są napięte (wiążące), o czym świadczy ograniczenie typu =. Wynika stąd, iż maksymalny, do uzyskania zysk całkowity będzie

spełniony przy wyprodukowaniu dokładnie 120 sztuk odlewu 2 i 60 sztuk odlewu 3 dla optymalnych zmiennych decyzyjnych.

Jak wynika z przedstawionej metody doboru asortymentu produkcji wybranego zakładu odlewniczego nowoczesnymi metodami optymalizacyjnymi, zamiast korzystać ze specjalistycznych pakietów informatycznych, można używać bardzo popularnych arkuszy kalkulacyjnych, wyposażonych w podstawowe narzędzia analizy matematyczno-statystycznej.

#### **LITERATURA**

- [1] Mała encyklopedia ekonomiczna, PWN, Warszawa 1974
- [2] K. Kukuła: Badania operacyjne w przykładach i zadaniach, PWN, W-wa, 2001
- [3] Walkenbach J.: Excel 2000, Wydawnictwo RM, Warszawa 1999

#### **SELECTION OF THE ASSORTMENT PRODUCTION OF CASTING INSTITUTION**

#### **SUMMARY**

In work was introduced one from situation of decision optimum choice of assortment of production of institution casting dissolved at help of linear programmed. Program this is bases on mathematical model, in which both restrictive conditions, as they are function of aim in linear form. Assignment optimisation algorithm was dissolved it is simplex, which one from methods of dissolving of linear programming. It was affirmed, that problems in the way of operating investigations it were been possible to dissolve applying modules of spreadsheet's sheet Excel, instead of dear, specialists computer packets.

Recenzował Prof. Józef Gawroński